

Annales
de
zoologie
écologie animale

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

inra

AZEA4.3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, 75341 PARIS Cedex 07 Tél. : 551-41-09.

Directeur général : J.-M. SOUPAULT

Directeur général adjoint : J. POLY

Inspecteurs généraux : A. CAUDERON, G. DROUINEAU, R. FÉVRIER, P. MORNET, R. PÉRO

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. POLY

Annales agronomiques.

- M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie.
- S. HÉNIN, Chef du Département d'Agronomie.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

- R. MAYER, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes.

Annales de Phytopathologie.

- H. DARPOUX, Chef du Département de Pathologie végétale.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

- E. BILIOTTI, Chef du Département de Zoologie.

Annales de Zootechnie.

- A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
- A. RÉRAT, Directeur de la Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs, C. N. R. Z.

Annales de Technologie agricole.

- P. DUPUY, Chef du Département de Technologie des Produits végétaux.
- A. GUILBOT, Directeur de la Station de Biochimie et Physico-Chimie des Céréales et de leurs Dérivés, C. E. R. D. I. A., Le Noyer Lambert, 91300 Massy.
- G. MOCQUOT, Chef du Département de Technologie des Produits animaux.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

- G. FAUCONNEAU, Chef des Départements de Nutrition et d'Élevage.
- A. FRANÇOIS, Directeur de Recherche à l'I. N. R. A.
- C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale.

Annales des Sciences forestières.

- P. BOUVAREL, Chef du Département de Recherches forestières, C. N. R. F.
- J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54000 Nancy.
- J. PARDÉ, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

- P. MÉRAT, Directeur de la Station de Génétique formelle, C. N. R. Z.
- B. VISSAC, Directeur de Recherche, Département de Génétique animale, C. N. R. Z.

Apidologie (Revue franco-allemande, co-édition I. N. R. A.-Deutscher-Imkerbund).

- J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, 91440 Bures sur Yvette.

Annales de Recherches vétérinaires.

- P. MORNET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales d'Hydrobiologie.

- R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
- C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale.
- R. VIBERT, Directeur de la Station d'Hydrobiologie, 64200 Biarritz.

Annales d'Économie et de Sociologie rurales.

- D. BERGMANN, Chef du Département d'Économie et de Sociologie rurales.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION

Services des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78000 VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

annales
de
zoologie
écologie animale

Trimestriel

1972

Vol. 4 . N° 3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
à l'exception des résumés

CATALOGUE RAISONNÉ DES INSECTES DES ANTILLES FRANÇAISES

5

DERMAPTERA

J. BONFILS

Laboratoire de Zoologie,
Centre de Recherches I. N. R. A.,
34 - Montpellier

CARCINOPHORIDAE

Carcinophorinae

Carcinophora (= *Psalis*) *percheroni* (GUÉRIN et PERCHERON), 1839, Genres des insectes, etc., 6, p. 3, Paris.

Guadeloupe (Matouba, Savane-à-Mulets, Moscou ; Trois-Rivières, Grand-Étang ; Petit-Bourg, Duclos ; Les Mamelles).

Récolté également en Dominique, mais non en Martinique.

Assez commun dans les massifs montagneux de la Basse-Terre, dans la zone forestière humide, de 200 m à 1 000 m, sous l'écorce des arbres et dans les troncs en décomposition, dans les débris végétaux.

Anisolabis maritima (BONELLI), 1832, in Géné, Ann. Sc. nat. Regn. Lombar. Venet., 2, p. 224.

Guadeloupe (Petit-Canal, Gros-Cap ; Le Moule, Anse-à-l'Eau ; Saint-François).
Les Saintes, Terre-de-Haut ; La Désirade ; Saint-Martin (Marigot).

Martinique (Le Vauclin, Le Lorrain).

Cosmopolite. Espèce du territoire maritime, vivant de préférence dans les dépôts littoraux à la limite des vagues, dans les amas de galets recouverts d'algues. Très abondants par endroits.

Euborellia annulipes (LUCAS), 1847, *Ann. Soc. ent. France* (2), **5**, *Bulletin*, p. 84.

Guadeloupe (BURR, 1910, *Proc. U. S. Nat. Mus.*, **38**, n° 1760, p. 447).

Cosmopolite. Signalé des Grandes Antilles ; Trinidad ; Amériques, Asie, Europe.

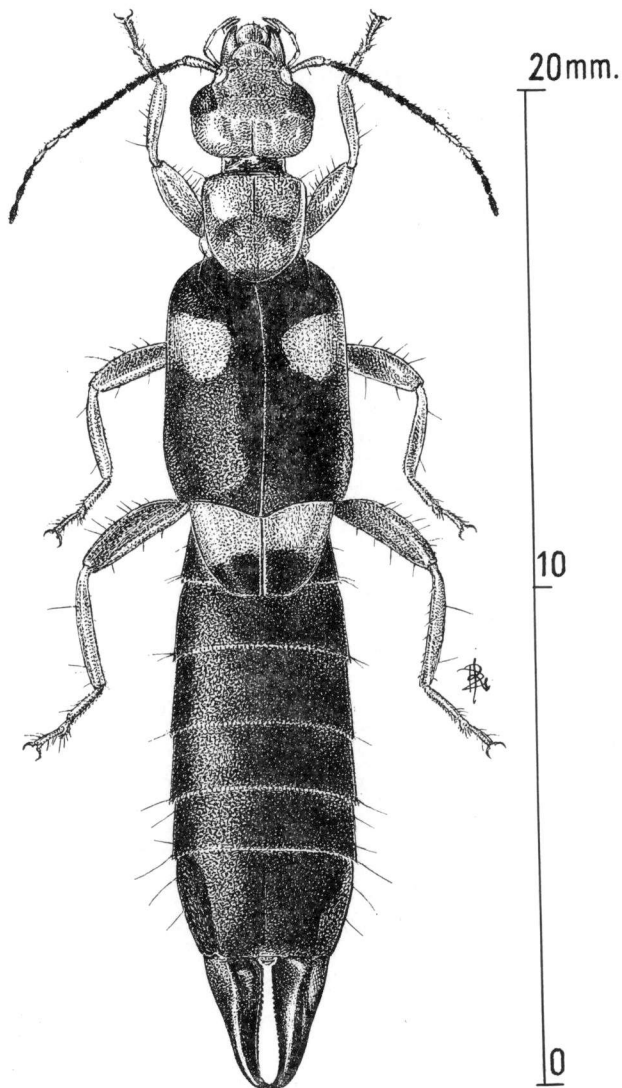


FIG. 1. — *Carcinophora percheroni* ♀

Euborellia stali (DOHRN), 1864, *Stett. ent. Zeit.*, **25** (7-9), p. 286.

Anisolabis minuta CAUDELL, 1907, *Jour. N. Y. ent. Soc.*, **15**, p. 168.

Guadeloupe (Matouba, Vieux-Habitants, Pigeon ; Sainte-Rose, Cluny, Capesterre ; Petit-Canal).

Les Saintes, Terre-de-Haut. Marie-Galante (Saint-Louis), Saint-Barthélemy, Saint-Martin.

Martinique (Le Lorrain).

Connu également à la Dominique et dans les Grandes Antilles.

Espèce pantropicale, disséminée sur tous les continents. En Guadeloupe et dans les zones littorales, au bord de la mer et dans les herbages humides.

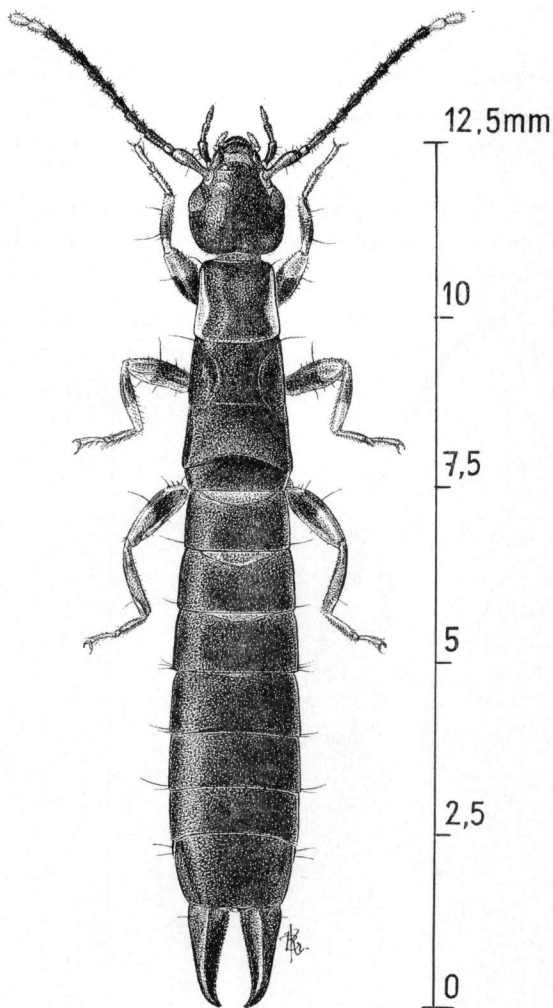


FIG. 2. — *Eurobellia stali* ♀

Euborellia caraihea HEBARD, 1922, *Trans. Amer. ent. Soc.*, **47**, p. 322, pl. 19, fig. 4-6.

Guadeloupe (Sainte-Rose, Cluny ; Petit-Bourg : Duclos ; Petit-Canal, Saint-François ; Sainte-Anne, Abymes ; Pigeon (L. BERLAND).

Martinique (Le Lorrain, Grand'Rivière, Fort-de-France (MAYEUL).

Espèce connue seulement de l'archipel des Antilles ; signalée des Bahamas, Cuba, Jamaïque, Hispaniola, Porto-Rico, la Dominique, Tobago, Trinidad.

Récolté sur canne à sucre (BENARD). Depuis les zones littorales, à 500 m en Guadeloupe.

LABIDURIDAE

Labidurinae

Labidura riparia (PALLAS), 1773, *Reise Russ. Reichs.*, 2, 2, p. 727.

Guadeloupe (Pointe-des-Châteaux).

La Désirade (Grande-Anse).

Cosmopolite.

Le jour, sous les pierres, au bord des étendues saumâtres. Nombreux, grande activité durant la nuit, dans le bourg de Grande-Anse, où il chasse toutes sortes de proies, aux abords des maisons.

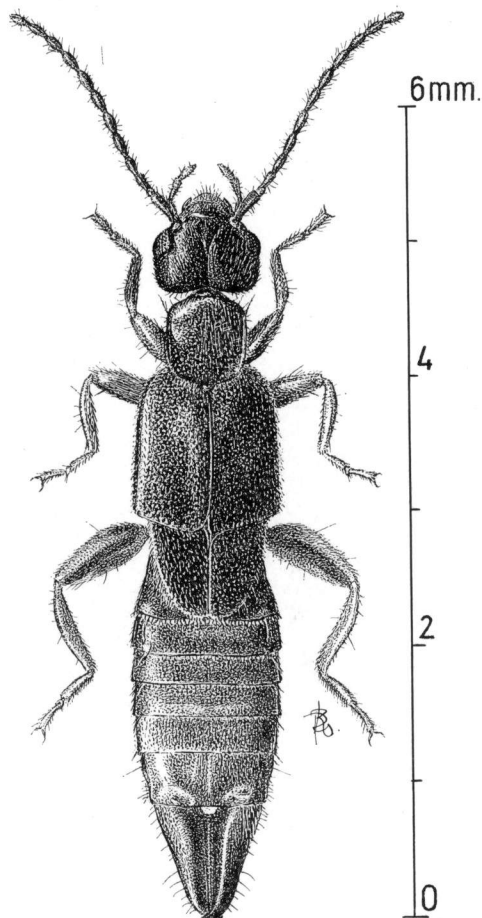


FIG. 3. — *Labia curvicauda*

LABIIDAE

Labiinae

Labia curvicauda (MOTSCHULSKY), 1863, *Bull. Soc. nat. Moscou*, **36** (3), p. 2, pl. 2, fig. 1.

Guadeloupe (Trois-Rivières, Grand-Étang, Marigot ; Lamentin, Abymes, Le Moule, Gardel) ;

Marie-Galante (Saint-Louis).

Martinique.

Dominique.

Distribuée dans les Grandes et Petites Antilles ; en Amérique du Sud, en Floride.

Assez fréquent dans les végétaux pourrissants (*Heliconia*, Bananier), ainsi que sur la canne à sucre attaquée par *Diatraea saccharalis*.

Labia arcuata SCUDDER, 1876, *Proc. Boston. Soc. nat. Hist.*, **18**, p. 257.

Guadeloupe (Capesterre, Gourbeyre, Saint-Claude, Matouba, Grand-Étang, La Soufrière, Petit-Bourg, Sainte-Rose). Paraît distribué seulement dans les zones montagneuses, au-dessus de 300 m.

Saint-Barthélémy (BORMANS et KRAUSS, 1899).

Amérique Centrale et méridionale.

Dans les débris végétaux, dans la forêt humide.

Labia dorsalis (BURMEISTER), 1838, *Handb. Ent.*, **2**, p. 754.

Guadeloupe (Capesterre, Baillif, Gourbeyre, Saint-Claude, Papaye). Distribué seulement au-dessus de 500 m, en forêt humide.

Antilles, Trinidad, Montserrat ; Cuba ; Amérique du Sud et Amérique centrale, du Pérou au Mexique.

Dans les débris végétaux, sous les écorces des arbres.

Spongiphorinae

Spongiphora croceipennis SERVILLE, 1831, *Ann. Sc. nat.*, **22**, p. 5.

Psilidophora lherminieri SERVILLE, 1839, *Hist. nat. Ins., Orth.*, p. 29, Guadeloupe.

Guadeloupe (La Soufrière, La Citerne, Faux-Piton-de-Bouillante, Sainte-Marie, Capesterre ; Petit-Bourg : Duclos ; Vieux-Habitants).

Dominique. Guyane.

Dans les débris végétaux de la forêt humide et le long des cours d'eau ; dans la litière d'un poulailler. Attiré au piège lumineux.

Spongovostox ghilianii (DOHRN), 1864, *Stett. ent. Zeit.*, **25**, n° 10-12, p. 424.

Guadeloupe (Petit-Bourg : Duclos ; Forêt des Bains-jaunes).

Marie-Galante (Saint-Louis). Apparemment peu répandu.

Dominique.

Amérique du Sud, Brésil, Guyanes, Vénézuëla.

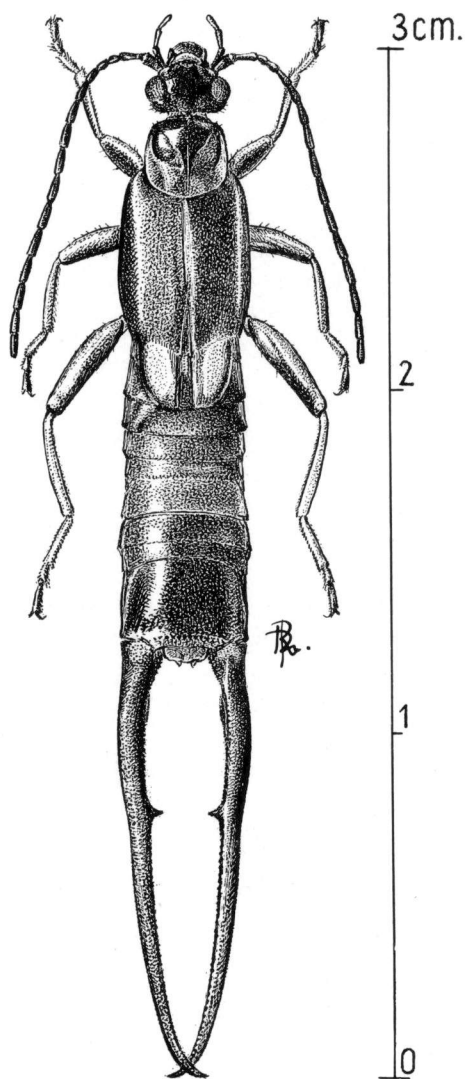


FIG. 4. — *Spongiphora croceipennis* ♂

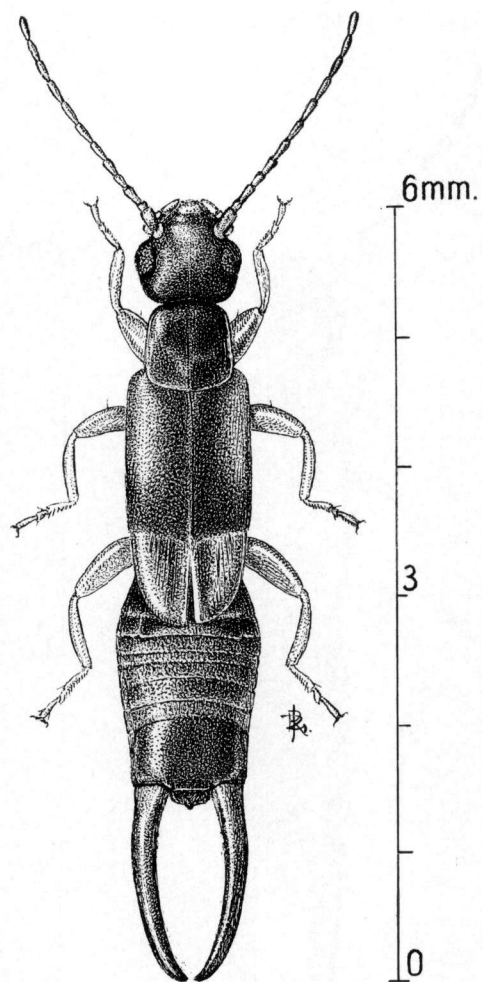


FIG. 5. — *Spongovostox ghiliani* ♂

Marava (= *Prolabia*) *arachidis* (YERSIN), 1860, *Ann. Soc. ent. France* (3), 8, p. 509, pl. 10, fig. 33-35.

Guadeloupe (Pointe-à-Pitre, Basse-Terre, Petit-Bourg : Duclos).

Cosmopolite, très commun dans les docks, disséminé ensuite avec les emballages alimentaires, dans et autour des maisons. Anthropophile.

Marava (= *Prolabia*) *dominicæ* (REHN et HEBARD), 1917, *Bull. Amer. Mus. nat. Hist.*, 37, art. 24, p. 643, 644, pl. 62, fig. 1-2, pl. 63, fig. 2.

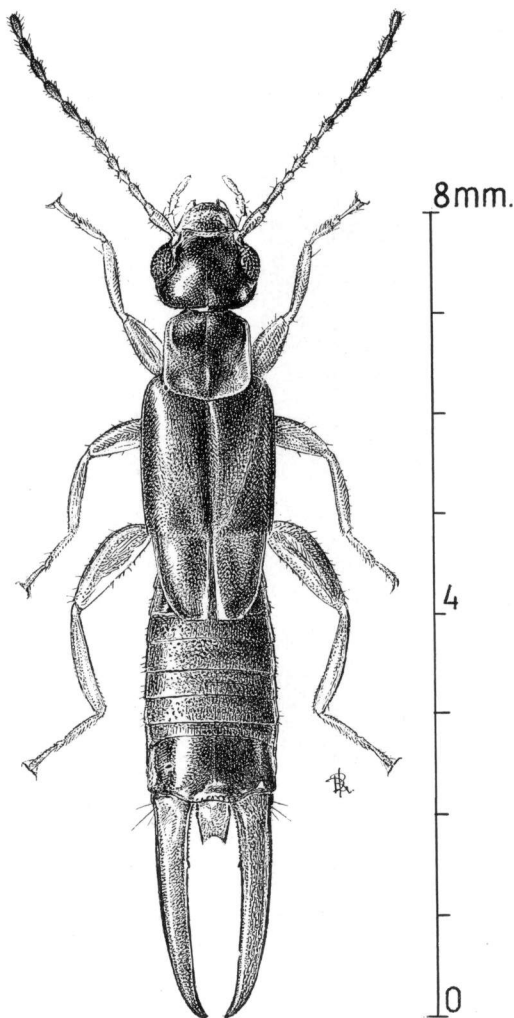


FIG. 6. — *Marava dominicæ* ♂

Guadeloupe (Sainte-Claude, Matouba, La Soufrière, Trois-Rivières, Capesterre, Petit-Bourg, Bouillante, Pointe-Noire, Sainte-Rose, Abymes).

Martinique (Le Lorrain, Morne-Rouge, Grand'Rivière).

Dominique.

Paraît distribué seulement dans les parties montagneuses des îles volcaniques. Dans les débris végétaux, sous les écorces, dans les Broméliacées épiphytes, en forêt humide. C'est apparemment la plus commune des espèces du genre en Guadeloupe.

FORFICULIDAE

Forficulinae

Doru albipes (FABRICIUS), 1787, *Mantissa Insectorum* 1, Hafniae, p. 224.

Guadeloupe (Matouba, Forêt des Bains-Jaunes, La Citerne, Petit-Bourg : Duclos, les Mamelles, Sainte-Rose, Morne-à-l'eau).

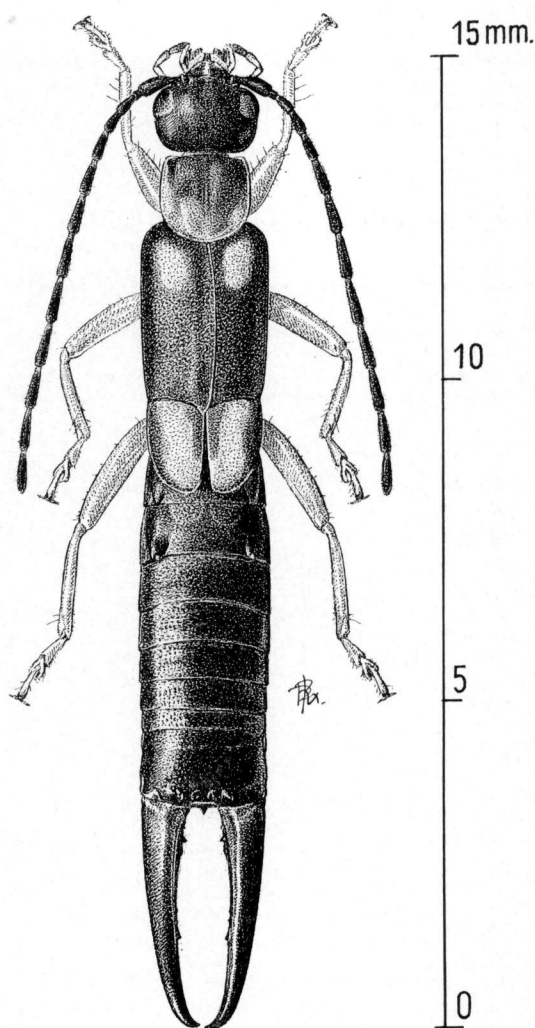


FIG. 7. — *Doru albipes* ♂

Martinique (Sainte-Marie : Fourniols).

Espèce particulière aux Grandes et Petites Antilles ; connue de la Dominique, îles Vierges, Porto-Rico, Hispaniola, Cuba.

En forêt, dans les Broméliacées épiphytes, dans les stipes de Palmiers (*Roystonea regia*).

La longueur des cerques est très variable chez les ♂. Des individus de stations de haute altitude sont caractérisés par une pigmentation mélanisante, les taches jaunâtres des élytres ne sont plus visibles.

Reçu pour publication en février 1972.

REMERCIEMENTS

Je remercie vivement le Dr. A. BRINDLE, Entomology Dept., Manchester Museum, England, qui a bien voulu examiner des spécimens, contrôler les déterminations et suggérer de précieuses indications pour établir la liste systématique des espèces.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRINDLE A., 1971. A revision of the genus *Doru* BURR (*Dermaptera*, *Forficulidae*). *Papéis Avulsos Zool.*, S. Paulo, **23** (21), 173-196.
- BRINDLE A., 1971. A revision of the *Labiidae* (*Dermaptera*) of the Neotropical and Nearctic Regions. II. *Geracinae* and *Labiinae*. *J. nat. Hist.*, 1971, **5**, 155-182.
- BRINDLE A., 1971. Bredin — Archbold — Smithsonian biological Survey of Dominica : The *Dermaptera* (Earwigs) of Dominica. *Smithsonian contributions to Zoology* n° 63, Washington D. C., 1-25, 27 fig.
-

ÉTUDES DE LA DIAPAUSE IMAGINALE DE *PSYLLA PYRI* L. (HOMOPTERA-PSYLLIDAE)

I. — DÉTERMINISME DU POLYMORPHISME SAISONNIER DES ADULTES

NGUYEN THANH-XUAN

Laboratoire d'Entomologie,
Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne,
31 - Toulouse

RÉSUMÉ

Chaque facteur écologique, température et photopériode, joue un rôle particulier dans le déterminisme du polymorphisme saisonnier des adultes de *Psylla pyri* L. Dans l'ensemble, la photopériode courte et les basses températures induisent la forme hivernale, tandis que la photopériode longue et les températures élevées déterminent la forme estivale. On peut toutefois orienter ou reconverter la *coloration* d'une forme à une autre par des traitements appropriés sur les larves ou sur les adultes.

INTRODUCTION

Comme WILLE (1950), BONNEMAISON et MISSONNIER (1955), nous avons constaté (NGUYEN, 1962, 1964, 1967) que *Psylla pyri* L., une des espèces de Psylles du Poirier trouvée dans le midi de la France, a un cycle annuel polyvoltin et hiverne à l'état adulte. Dans la région toulousaine, *P. pyri* présente cinq à six générations par an. Les adultes issus des premières générations sont de la « forme estivale », tandis que ceux apparus à partir du mois d'octobre (5^e et 6^e générations) sont de la « forme hivernale ». Ces deux formes saisonnières se différencient par des caractères particuliers tant morphologiques que biologiques. En effet, les adultes de la forme hivernale ont une taille plus grande que celle de la forme estivale ; leur corps présente une coloration générale plus sombre, leurs ailes antérieures sont fortement enfumées. D'autre part, les femelles de la forme hivernale présentent une diapause ovarienne plus ou moins longue alors que celles de la forme estivale peuvent pondre au bout de 6 à 7 jours après leur mue imaginale.

Déjà en 1955, BONNEMAISON et MISSONNIER ont signalé que les caractères morphologiques particuliers des adultes de la forme hivernale de *P. pyri* sont déterminés par la durée de l'éclairement, dont la photopériode critique est de 13 h 30 par jour. D'autre part, on obtient sous une même photopériode un plus fort pourcentage d'individus du type hivernant à partir des parents de forme estivale que ceux de la forme hivernale. Enfin les larves de 3^e et 4^e stades venant des parents du type hivernant sont les plus sensibles à l'action de la courte photopériode ; par contre, ce sont les larves du 1^{er} et 2^e stades des parents du type estivant qui réagissent le mieux à cette courte photopériode.

Les mêmes constatations sur l'apparition des formes hivernales ou estivales de *Psylla pyricola* L. en fonction de la photopériode sont signalées en Amérique du Nord et au Canada par WONG et MADSEN (1967), OLDFIELD (1970).

Dans cette présente note, nous ne mentionnons que les résultats concernant le déterminisme des formes saisonnières de *P. pyri*. L'étude de la diapause ovarienne de cette même espèce fera l'objet de la prochaine publication.

I. — MÉTHODES-MATÉRIELS

Les critères morphologiques suivants sont adoptés : la pigmentation et la taille.

A. — Pigmentation

La pigmentation des ailes antérieures des adultes des deux sexes est examinée à partir des cas extrêmes, c'est-à-dire ceux de forme hivernale ou estivale typique. (fig. 1 et 2). Celles du thorax et des pattes de ces individus sont aussi prises en considération (fig. 3 et 4). Nous constatons que la pigmentation de ces organes change non seulement d'une génération à une autre, mais aussi, dans une même génération, d'un individu à un autre. Pour simplifier, nous rangeons ces adultes dans quatre catégories (tabl. 1) :

- H : forme hivernale typique.
- IH : forme intermédiaire à tendance hivernale.
- IE : forme intermédiaire à tendance estivale.
- E : forme estivale typique.

TABLEAU I

Caractères distinctifs des quatre catégories d'adultes de P. pyri trouvées dans les conditions naturelles au cours des saisons

C	F			
	H	IH	IE	E
Cellules alaires	fortement enfumées	± mélanisées	légèrement enfumées	claires
Thorax	noir-foncé	brun-noir	brun-clair	jaune-clair
Pattes	entièrement noires	fémur brun-noir	fémur ± noir	entièrement jaune clair

F : forme C : Coloration des organes.

B. — Taille

Nous nous proposons de mesurer les longueurs des ailes antérieures (L_a) et celles des tibias des pattes antérieures (L_t) des adultes en prenant, comme témoin, les mesures des adultes de forme hivernale et estivale typique (H et E). Ces mesures préliminaires nous permettent de dire que :

— il y a un dimorphisme sexuel chez les deux formes, et il est beaucoup plus accentué chez les adultes hivernants que chez les adultes estivants ;

— les mâles de forme hivernale ont généralement une taille plus grande que les femelles de forme estivale (tabl. 2).

TABLEAU 2

Caractéristiques biométriques des ailes antérieures et des tibias des pattes antérieures des adultes hivernants et estivants de P. pyri

		H		IH		IE		E	
		<i>m</i>	<i>e</i>	<i>m</i>	<i>e</i>	<i>m</i>	<i>e</i>	<i>m</i>	<i>e</i>
L_a	femelle	2,90	0,14	2,60	0,22	2,42	0,18	2,30	0,23
	mâle	2,70	0,07	2,45	0,28	2,31	0,16	2,12	0,20
L_t	femelle	0,620	0,067	0,573	0,069	0,546	0,084	0,500	0,038
	mâle	0,580	0,038	0,539	0,044	0,507	0,045	0,485	0,023

L_a : longueur de l'aile antérieure (mm) ; L_t : longueur du tibia antérieur (mm) ; *m* : longueur moyenne de plus de 50 mesures ; *e* : erreur-type.

Au laboratoire, les élevages des œufs provenant de la ponte des femelles de forme hivernale typique, sont faits dans des enceintes à températures constantes (10°, 15°, 20°, 25° 30° ou 35°) combinées avec des photopériodes journalières de 8, 12 ou 16 heures.

L'étude de l'influence de la photopériode est faite avec des élevage d'œufs à 20° et sous des photopériodes de 4 h, 8 h, 12 h, 16 h ou 20 h.

Les sources lumineuses sont fournies par deux fluorescents de 60 cm, du type lumière du jour, d'intensité totale d'environ 1 200 lux. L'humidité relative dans chaque enceinte est maintenue au-dessus de 70 p. 100.

D'autres précisions sur les conditions expérimentales seront données ultérieurement.

II. — ÉVOLUTION MORPHOLOGIQUE AU COURS DES SAISONS

Entre 1960 et 1965, nous avons récolté régulièrement une fois par mois, les adultes nouvellement apparus dans les vergers aux environs de Toulouse (NGUYEN, 1967). La répartition en pourcentage par type pigmentaire (fig. 5) et les moyennes de mensuration des ailes antérieures (fig. 6) et des tibias antérieurs (fig. 7) montrent qu'il y a effectivement un changement de coloration et de taille des adultes de *P. pyri*. au cours des saisons.

A. — *Variation de la pigmentation* (fig. 5)

Au printemps, sous une température moyenne de 11,6° (avril) ou 15° (mai) (tabl. 3) et sous une photopériode journalière de l'ordre de 13 heures à 14 h 30, nous constatons la présence de Psylles de forme intermédiaire, mais à tendance estivale (25 p. 100 de IE), et surtout celle d'Insectes de forme estivale typique (E).

TABLEAU 3

Températures mensuelles moyennes, minimales et maximales et durées d'éclairement, relevées à Toulouse Blagnac de 1947 à 1965

Mois	Moyenne	Température (°C)		Éclairement moyen journalier
		Minimum	Maximum	
Janvier	4,7	1,1	8,3	8 h 16
Février	5,8	1,4	10,3	9 h 21
Mars	9,2	4,2	14,3	10 h 59
Avril	11,6	6,5	16,7	12 h 48
Mai	15	9,6	20,4	14 h 33
Juin	18,6	13	24,2	15 h 50
Juillet	21	15,1	26,9	16 h 03
Août	20,7	14,8	26,6	15 h 02
Septembre	18,5	13,3	23,7	13 h 24
Octobre	13,6	8,7	18,6	11 h 37
Novembre	8,6	4,7	12,6	9 h 50
Décembre	6,1	2,7	9,7	8 h 20

Pendant l'été (juin-juillet-août), il n'y a que des adultes de forme estivale typique. Les températures moyennes sont alors comprises entre 18° et 21° et les photopériodes journalières sont de l'ordre de 15 à 16 heures.

Au début de l'automne (septembre), bien que la température moyenne se maintienne à 18°, le raccourcissement progressif de l'éclairement journalier (en partant de 15 heures pour aboutir à 12 heures) fait apparaître une assez forte proportion d'adultes de forme hivernale typique (46 p. 100 de femelles et 30 p. 100 de mâles) et de forme intermédiaire IH (23 p. 100 de femelles et 40 p. 100 de mâles). Au total, nous avons dans les deux sexes environ 70 p. 100 d'individus ayant une pigmentation plus ou moins accentuée, 10 p. 100 d'individus sont de forme estivale E, le reste (20-23 p. 100) est de forme intermédiaire IE ; ces derniers individus ont des ailes antérieures présentant des nervures claires du type estival ou légèrement brunes ; par contre, leurs cellules alaires sont légèrement enfumées.

Les formes E peuvent être encore trouvées en octobre, à Toulouse (11 p. 100). La proportion des individus de différentes formes semble alors sensiblement voisine de celle de septembre.

A partir de novembre, nous ne trouvons plus dans la nature, ni de forme E, ni de forme IE. Les adultes apparus sont tous plus ou moins mélanisés. Il y a une grande différence entre les pourcentages de forme IE des deux sexes (7 p. 100 de femelles contre 39 p. 100 de mâles).

Après novembre, la pigmentation foncée est générale parmi les individus récoltés, en corrélation avec l'abaissement progressif de la température d'une part, le raccourcissement de l'éclairement à 8 heures par jour d'autre part.

De ces observations préliminaires, nous tirons ces conclusions :

— La formation des adultes de forme estivale typique (E) a lieu quand les températures maximales de la journée dépassent 17° - 18° et quand la photopériode journalière est supérieure à 14 heures.

— La formation des adultes de forme (IE) se situe à une période où la température moyenne est de l'ordre de 15 - 16° et la photopériode comprise entre 12 et 14 heures.

— La formation des adultes de forme IH ou H a lieu essentiellement lorsque la température minimale atteint 14 - 15° et quand la photopériode est inférieure à 13 h.

B. — Variation de la taille

1° Variation de la longueur des ailes antérieures (L_a).

En premier lieu, les femelles ont toujours des ailes antérieures plus longues que celles des mâles d'une même génération (fig. 6). D'autre part, pour les adultes de même sexe, on constate non seulement une variation saisonnière d'une génération à une autre, mais aussi au sein d'une génération, d'un individu à un autre.

Toutefois, les premières constatations globales nous permettent de dire que :

— une forte proportion d'individus de forme estivale typique apparus en avril et mai ont des ailes antérieures de longueur comparable à ceux apparus en septembre de la même année,

— bien qu'il n'apparaisse que des adultes du type estival en juin, ceux-ci ont encore des ailes relativement longues par rapport à ceux apparus en juillet et août,

— l'apparition des adultes du type IH et H en septembre correspond à un accroissement brutal de la longueur des ailes (L_a) dans les deux sexes, en particulier de celles des femelles. L'allongement spectaculaire des ailes antérieures des femelles à cette époque souligne davantage le dimorphisme sexuel de *P. pyri*,

— les adultes sortis en octobre, bien que leur pigmentation diffère d'une façon notable de ceux apparus en novembre et décembre (population composée d'individus allant des formes intermédiaires à la forme hivernale typique), ont des ailes de longueur comparable,

— les adultes apparus à partir du mois de novembre ont tous des ailes du type hivernant typique (2,90 mm pour les femelles et 2,70 mm pour les mâles).

2° Variation de la longueur du tibia des pattes antérieures (L_t).

D'après la figure 7, on constate que les femelles ont toujours des pattes plus longues que celles des mâles.

Pour les adultes de même sexe, pendant la période d'avril à août, plus ils sont apparus tard, plus ils ont les pattes courtes. La valeur de L_t atteint le niveau le plus bas en juillet-août (0,462 mm), époque où l'on ne trouve que des adultes de

forme estivale typique dans les vergers. L'augmentation de L_t qui est brutale en septembre, comme le cas de L_a , correspond à l'apparition à ce moment des adultes d'autres formes que ceux du type E. A partir du mois de septembre, les adultes ont des pattes, en l'occurrence des tibias, se rapprochant de plus en plus du type hivernant H.

En conclusion, on peut dire que, dans les conditions naturelles, les adultes de *P. pyri*. apparus au printemps sont du type E ou IE ; leur taille est en général plus grande que celle du type estival apparu beaucoup plus tard, en juillet et août. A partir de septembre, les adultes trouvés sont composés de 4 types morphologiques définis d'après le tableau. De même, leur taille augmente aussi d'une façon notable. La plupart du temps, ils sont plus grands que ceux trouvés au printemps. Cette augmentation atteint son maximum à partir du mois de novembre de chaque année. A ce moment, les adultes trouvés peuvent être, soit du type H, soit du type IH, au point de vue coloration générale, mais ils ont tous la même taille.

III. — RÔLE DES FACTEURS ÉCOLOGIQUES SUR LE DÉTERMINISME MORPHOLOGIQUE DE *P. PYRI*.

Dans le but de déterminer l'influence de chaque facteur écologique sur le déterminisme morphologique de *P. pyri.*, nous avons fait des élevages à partir des lots de 300 à 500 œufs provenant de la ponte des femelles de forme hivernale typique dans différentes conditions de températures et photopériodes.

A. — *Déterminisme de la pigmentation* (fig. 8)

— *Rôle de la température.*

Les températures supérieures à 20° ont tendance à induire des formes estivales typiques, surtout dans le cas de 25°C.

Les températures inférieures à 20°, surtout 5 et 10°, ont tendance à induire des adultes de forme hivernale typique. Dans les élevages à basses températures (5-10°), il est apparu un fort pourcentage d'adultes, soit de forme H, soit de forme IH.

— *Rôle de la photopériode.*

Dans les élevages à 20° (fig. 8), les œufs placés à des photopériodes égales ou supérieures à 14 heures donneront tous des adultes de forme estivale typique (E).

Les pourcentages de forme hivernale typique (H), et surtout de formes intermédiaires (IH) et (IE), sont d'autant plus élevés que la photopériode sera plus courte. Nous remarquons que les adultes (IH) seront nombreux dans les lots placés à 12 heures, tandis que les adultes (H) sont prédominants sous 8 heures d'éclairement.

Dans les élevages sous d'autres conditions de températures, les formes (H) et (IH) sont induites par une courte photopériode de 8 h à 12 h, tandis que la forme E est abondante lorsque la longue photopériode est supérieure à 14 heures (ici 16 heures).

— *Interaction de température-photopériode.*

1. Pour les températures élevées (25°), l'influence de la température l'emporte sur celle de la photopériode. En effet, nous notons que dans les lots à 25°-8 h il n'est jamais apparu de forme (H) ; seulement 10 p. 100 de femelles de forme (IH) ; le reste des pourcentages est partagé entre les formes (IE) et (E) dans les deux sexes. Dans les lots placés à 25°-12 heures et 25°-16 heures, on ne trouve que des formes (E).

2. Pour les températures moyennes (15-20°), plus la photopériode est courte (12, 8 ou 4 heures), plus les pourcentages d'adultes de forme (H) et (IH) sont élevés.

Dans cette zone de température, une longue photopériode peut encore manifester pleinement son effet inducteur de la forme (E). Nous avons 100 p. 100 de (E) à 20°-14 heures et 20°-20 heures et 75-90 p. 100 de (E) à 15°-16 heures.

3. Pour les basses températures (5-10°), *l'effet de la photopériode est à nouveau dominé par celui de la température.* Cette prédominance de la basse température sur la longue photopériode est illustrée par l'obtention de 5 p. 100 de (H) et de 35-45 p. 100 de (IH) à 10°-16 h, de 5-10 p. 100 de (H) et de 40-50 p. 100 de (IH) à 5°-16 h. Par contre, les pourcentages de (E) sont faibles 23-25 p. 100 à 10°-16 h et 16-20 p. 100 à 5°-16 h.

4. Un phénomène assez particulier est à signaler : même dans ces élevages sous une courte photopériode (8 ou 12 h), il est apparu un petit nombre d'individus de la forme (E). Il n'y a donc *pas d'effet absolu* ni de la basse température, ni de la courte photopériode sur le déterminisme de la forme (H) ; nous n'obtenons jamais de 100 p. 100 de (H), à l'inverse de la forme (E) aux températures élevées et aux photopériodes longues.

B. — *Déterminisme de la taille*

1° *Déterminisme de la variation de la longueur des ailes antérieures (L_a) (fig. 9).*

— *Dimorphisme sexuel.*

Nous constatons que la longueur des ailes antérieures des femelles est toujours supérieure à celle des mâles. L'écart entre les mesures des deux sexes reste faible aux basses températures (5-10°). Il est plus net dans les autres conditions d'élevage.

— *Rôle de la température.*

Dans les deux sexes, on observe une augmentation de la valeur L_a pour les températures comprises entre 5 et 15°. Ensuite, suivant les conditions d'éclairement L_a diminue progressivement ou brutalement à 20-25°.

En tout cas, la température favorable pour l'obtention d'une valeur maximale de L_a doit être située entre 15 et 20°, et celle pour la plus petite valeur de L_a est à 25°, température favorable pour l'obtention de la forme (E).

— *Rôle de la photopériode.*

Pour les basses températures (5-10°), la photopériode a peu d'effet sur la variation de L_a des individus issus des élevages au laboratoire (fig. 9).

A 15°, l'effet de la photopériode est net. Par rapport à une courte photopériode (8 h), l'éclairement moyen (12 h) fait croître L_a ; par contre, la longue photopériode (16 h) diminue cette valeur.

Pour la température de 20° (tabl. 4), nous voyons que la photopériode courte (4-8 h), surtout celle de 8 heures, détermine une valeur maximale de L_a . Ensuite, la valeur L_a est en fonction inverse de l'augmentation de la photopériode. La plus petite valeur est obtenue sous 20 h d'éclairement journalier.

— *Interaction de température-photopériode.*

La diminution de la valeur L_a est déterminée, soit par une augmentation de la température, soit par un allongement de la photopériode. Mais dans certaines combinaisons de ces deux facteurs, l'effet de l'un (surtout dans le cas de la photopériode) est parfois masqué par celui de l'autre.

Dans le cas des basses températures (5-10°), les adultes issus des larves placées à une photopériode quelconque (8, 12 ou 16 h) ont des ailes pratiquement de même longueur.

Pour les températures comprises entre 15-25°, l'effet d'une augmentation de ce facteur sur le raccourcissement des ailes antérieures de *P. pyri*. peut être remplacé par un simple allongement de la photopériode. Prenons des exemples qui illustrent cette constatation :

1. Cas de L_a de :	15°-12 h	20°-12 h	15°-16 h
	—	—	—
femelle.....	3,00	2,62	2,55
• mâle.....	2,79	2,40	2,32
2. Cas de L_a de :	20°-12 h	25°-12 h	20°-16 h
	—	—	—
femelle.....	2,62	2,42	2,22
mâle.....	2,40	2,38	2,10

Nous voyons donc que, dans cette zone de température (15-25°), un allongement de la photopériode de 4 h, a plus d'effet qu'une augmentation de température de 5°. Autrement dit, entre 15 et 25° le principal facteur qui détermine la longueur des ailes antérieures de *P. pyri*. est la photopériode, tandis que pour les températures basses (5-10°) la photopériode est sans effet manifeste sur L_a .

2° *Détermination de la variation de la longueur du tibia antérieur (L_a) (fig. 10).*

— *Dimorphisme sexuel.*

Dans les types extrêmes, c'est-à-dire les formes (E) ou formes (H), les deux sexes ont les tibias antérieurs, voire les pattes, de même longueur (respectivement 0,462 mm et 0,578-0,600 mm). Chez les formes intermédiaires (IH) ou (IE), les femelles ont parfois des pattes plus longues que celles des mâles élevés dans les mêmes conditions.

— Rôle de la température.

Les températures comprises entre 5-15° modifient peu la valeur de L_t . Dans cette limite, nous obtenons des adultes ayant des tibias dont la longueur est comparable à celle de forme (H) ou (IH).

Les tibias de forme estivale typique (E) sont déterminés par les températures au-dessus ou égales à 25°.

— Rôle de la photopériode (tabl. 4).

Dans le cas de 20°, un éclaircissement journalier supérieur à 12 h entraîne un raccourcissement du tibia des pattes antérieures. La valeur maxima de L_t est obtenue à 20°-8 h. Elle décroît ensuite d'une façon régulière en fonction de l'allongement de la photopériode. La valeur minimale est obtenue à 20°-16 h. Pour l'éclaircissement au-dessus de 16 h (20 h), L_t reste inchangé. La valeur L_t de forme (H) ou (IH) est obtenue à 4 h-8 h.

TABLEAU 4

Influence de la photopériode sur le pourcentage d'apparition de différentes catégories d'adultes et sur les longueurs des ailes (L_a) et celles des tibias antérieurs (L_t), à partir des élevages d'œufs de P. pyri à 20°

C. exp.	Taille (mm)				
	L _a	e _a	L _t	e _t	
4 h {	F	2,31	0,18	0,572	0,022
	M	2,26	0,11	0,572	0,023
8 h {	F	2,68	0,09	0,578	0,018
	M	2,58	0,13	0,578	0,010
12 h {	F	2,62	0,15	0,539	0,031
	M	2,40	0,10	0,539	0,031
14 h {	F	2,45	0,08	0,523	0,038
	M	2,33	0,13	0,523	0,038
16 h {	F	2,20	0,20	0,462	0,074
	M	1,92	0,29	0,462	0,045
20 h {	F	2,20	0,22	0,462	0,052
	M	1,92	0,31	0,462	0,043

F : femelle

M : mâle

C. exp. : conditions expérimentales

e_a : erreur-type de L_a

e_t : erreur-type de L_t

— Interaction température-photopériode.

Comme le cas du déterminisme de L_a , un allongement de la photopériode de 4 h est parfois plus efficace qu'une augmentation de 5° sur la diminution de la taille. Par exemple :

1. Cas de L_t de :	15°-12 h	20°-12 h	15°-16 h
	—	—	—
femelle.....	0,578	0,539	0,538
mâle.....	0,578	0,539	0,531
2. Cas de L_t de :	20°-12 h	25°-12 h	20°-16 h
	—	—	—
femelle.....	0,539	0,500	0,462
mâle.....	0,539	0,475	0,462

D'autre part, nous remarquons que l'association d'une longue photopériode à la température de 15° s'avère aussi efficace que celle d'une photopériode courte à une température plus élevée :

Cas de L_t de :	15°-16 h	20°-12 h	25°-8 h
	—	—	—
femelle.....	0,538	0,539	0,538
mâle.....	0,531	0,539	0,531

De même, nous pouvons comparer les (L_t) de 20°-16 h à celles de 25°-12 h.

En résumé, 100 p. 100 d'adultes sont de forme estivale typique, s'ils sont issus d'œufs et de larves élevées à hautes températures (20-25°) et soumis à un éclairage journalier supérieur à 14 heures. Une forte proportion sera de forme hivernale typique (H) ou intermédiaire se rapprochant du type hivernant (IH) quand les œufs et larves sont placés à des températures assez basses (5-15°), et à une courte photopériode (4 h-12 h).

Nous n'avons jamais obtenu 100 p. 100 de (H) dans nos élevages, même à 5 ou 10° et sous une courte photopériode. Par contre, dans ces mêmes lots, un certain nombre d'adultes sont apparus sous la forme estivale typique (5 à 10 p. 100).

IV. — STADES LARVAIRES SENSIBLES AUX FACTEURS EXTERNES POUR LE DÉTERMINISME DE LA FORME HIVERNALE

Nous venons de constater que si nous laissons les œufs et larves, soit dans les conditions naturelles pendant les mois d'octobre, novembre ou décembre, soit au laboratoire à une basse température (5-15°) et sous une courte photopériode (au-dessous de 12 h), nous obtenons, après la mue imaginale, une forte proportion (50-70 p. 100) d'adultes de forme (H).

Nous voulons voir ce que donneront ces mêmes larves quand les conditions d'élevage sont modifiées en cours de leur développement.

Les expériences ci-dessous ont donc deux buts précis :

— déterminer le ou les stades sensibles aux facteurs externes (température et photopériode) pour l'obtention de la forme hivernale typique (H),

— voir jusqu'à quel âge ces larves sont susceptibles de subir une réorientation vers la forme estivale (E).

Des larves L_3 , L_4 , L_5 , qui venaient de muer dans le milieu naturel ont été placées au début du mois d'octobre dans les conditions suivantes :

— Températures constantes : 10° , 15° , 20° , 25° , 30° ou 35° .

— Photopériode journalière : 8 h, 12 h, 16 h (avec aussi 4 h, 14 h et 20 h pour 20°).

Ces larves, si elles étaient maintenues dans les conditions naturelles de la saison, donneraient des adultes plus ou moins mélanisés (H ou IH) (fig. 5, 6 et 7).

Les résultats obtenus au laboratoire sont très complexes, tant en ce qui concerne la pigmentation que la taille, mais nous pouvons tout de même en tirer certaines conclusions intéressantes.

A. — Déterminisme de la pigmentation

1° Cas d'élevage à 10° (fig. 11).

Nous savons que dans les élevages continus des œufs et des larves, une température de 10° combinée avec une courte photopériode (8-12 h) favorise l'obtention de forme (H) et (IH) (fig. 8).

Dans nos élevages, à partir des larves L_3 , sous ces mêmes conditions expérimentales, nous avons un pourcentage de forme (H) comparable à celui du cas précédent. Par contre, le nombre d'adultes de forme (H) et (IH) sera augmenté si nous plaçons seulement les larves de *P. pyri*. à partir du stade L_4 ou L_5 à 10° et sous la photopériode journalière de 8 h ou de 12 h.

Sous l'éclairage journalier de 16 h, nous obtenons de 15 à 30 p. 100 d'adultes présentant la forme (E), dans les élevages à partir de larves L_3 contre 10 à 20 p. 100 quand les insectes sont placés dès le stade œuf dans ces mêmes conditions expérimentales.

Par contre, plus nous plaçons tard à 10° -16 h, les larves qui ont reçu les conditions diapausantes naturelles, c'est-à-dire à partir de stade L_4 ou L_5 , plus le pourcentage des adultes de forme (E) ou (IE) sera diminué en faveur de celui des formes (IH) et (H).

2° Cas d'élevage à 15° (fig. 12).

Les élevages de larves L_3 , L_4 ou L_5 à 15° (8 h ou 12 h) confirment les résultats obtenus à partir des élevages d'œufs, à savoir que ces conditions expérimentales entraînent l'apparition des formes (H) et (IH) ; 1 à 3 p. 100 d'adultes seulement sont apparus sous la forme (E).

De même qu'à 10° , les élevages effectués sous une longue photopériode à partir du stade L_3 donneront un pourcentage de forme (E) identique à celui obtenu avec des élevages réalisés dans ces mêmes conditions depuis le stade œuf. Autrement dit, avant le stade L_3 , il semble que la forme définitive (des adultes) ne soit pas encore terminée. Placées à ce moment à 15° -16 h, ces larves seront orientées vers l'apparition des formes (E) ou (IE). Par contre, plus on prolongera leur séjour sous une photopériode courte (8 h), plus le pourcentage de forme (H) sera élevé.

3° Cas d'élevage à 20° (tabl. 5, fig. 13).

20°C combiné avec une courte photopériode (4-12 h) donne la forme (H).

L'effet de l'interaction entre 20° et une photopériode longue (14 ou 16 h) est

TABLEAU 5

Influence de la température (20°) et de la photopériode sur le déterminisme morphologique des adultes de P. pyri issus des élevages à partir des larves âgées

Formes						
Conditions d'élevage		Taille (mm)				
		L _a	e _a	L _t	e _t	
4 h	a	F	2,54	0,36	0,580	0,068
		M	2,50	0,23	0,568	0,041
	b	F	2,60	0,29	0,575	0,055
		M	2,46	0,21	0,562	0,031
	c	F	2,70	0,09	0,578	0,076
		M	2,50	0,13	0,562	0,040
8 h	a	F	2,60	0,28	0,580	0,057
		M	2,58	0,19	0,562	0,035
	b	F	2,72	0,32	0,570	0,024
		M	2,59	0,14	0,568	0,042
	c	F	2,79	0,13	0,578	0,032
		M	2,62	0,11	0,578	0,035
12 h	a	F	2,50	0,22	0,540	0,040
		M	2,38	0,25	0,500	0,024
	b	F	2,54	0,13	0,566	0,049
		M	2,38	0,09	0,560	0,020
	c	F	2,77	0,15	0,578	0,054
		M	2,60	0,12	0,570	0,042
14 h	a	F	2,50	0,18	0,462	0,018
		M	2,38	0,16	0,462	0,008
	b	F	2,60	0,09	0,565	0,053
		M	2,58	0,11	0,560	0,013
	c	F	2,69	0,08	0,578	0,030
		M	2,50	0,20	0,570	0,011
16 h	a	F	2,50	0,10	0,462	0,006
		M	2,31	0,18	0,462	0,012
	b	F	2,68	0,08	0,540	0,050
		M	2,50	0,16	0,500	0,026
	c	F	2,70	0,12	0,540	0,028
		M	2,63	0,14	0,500	0,048

a : L₃b : L₄c : L₅

F : femelle

M : Mâle

L_a : longueur moyenne des ailes antérieurese_a : erreur-type de L_aL_t : longueur moyenne des tibias antérieurse_t : erreur-type de L_t

tellement puissant que cette combinaison arrive à inhiber partiellement ou intégralement la pigmentation de *P. pyri*., même dans le cas des élevages effectués dans ces conditions à partir de larves L_4 ou L_5 . En effet, le pourcentage de (H) sera de plus en plus réduit et celui de forme (E) sera de plus en plus grand, au fur et à mesure que l'on soumet précocement les larves à 20°-14 h, ou 16 h.

4° Cas d'élevage à 25° (fig. 14).

A partir de cette température élevée, la reconversion de forme (H) en forme (E) et (IE) sera d'autant plus complète (80-100 p. 100) que, d'une part, on soumet précocement les larves à 25° et, d'autre part, on allonge la durée journalière de la photopériode.

5° Cas d'élevage à 30-35° (fig. 15 et 16).

L'effet de la température est tellement fort que, même en combinaison avec une courte photopériode (8 h-12 h), il suffit à réorienter nos élevages larvaires, même à partir des larves L_5 , vers l'obtention d'un pourcentage élevé de forme (E).

Conclusion.

La pigmentation de la forme (H) semble déterminée dans certaines conditions à la fin du stade L_4 . En effet, même dans nos élevages, à partir des L_5 , à 30° ou 35° et sous 8 h ou 12 h d'éclairement journalier, nous obtenons encore des individus plus ou moins mélanisés (fig. 15 et 16). Seule la combinaison d'une température élevée (25-35°) avec une longue photopériode (16 h) nous permet d'obtenir 100 p. 100 d'adultes de forme (E).

Par ailleurs, en observant de plus près, nous constatons que chaque facteur (température et photopériode) a un rôle propre dans le déterminisme de la pigmentation des différents organes :

- la courte photopériode (4 à 12 h) contrôle surtout la pigmentation des cellules alaires. Plus la photopériode sera courte plus la pigmentation sera intense,
- si cette courte photopériode est combinée avec la température de 15°, elle déterminera en plus de la pigmentation précitée, celle des fémurs,
- la pigmentation des pattes, du corps et celle des nervures alaires ne sera obtenue que, si cette courte photopériode est combinée avec une température égale ou inférieure à 10°.

En complément des observations ci-dessus, nous avons voulu contrôler s'il n'était pas possible de modifier également la pigmentation après la mue imaginale. A cet effet, des adultes appartenant aux formes (E) et (IE) ont été soumis, dès leur mue et pendant un temps variable à un séjour au froid (5°-16 h), à la suite duquel nous avons contrôlé les variations pigmentaires de certains organes. (tabl. 6).

Donc, en plaçant les adultes estivants de *P. pyri* à 5°-16 h nous constatons que :

- au bout de 10 jours de séjour, il y a assombrissement progressif des nervures alaires, des pattes et du thorax,
- au bout de 20 jours de séjour, la pigmentation de ces différents organes s'accroît, surtout celle des nervures alaires,
- au bout du 30^e jour, nous avons un lot homogène d'adultes de couleur noire

avec des ailes antérieures blanchâtres, mais sans trace d'enfumage sur les cellules alaires.

Ainsi donc, même au stade imaginal, il est encore possible de modifier dans une large mesure la pigmentation des différents organes.

TABLEAU 6

*Influence d'un séjour plus ou moins prolongé à 5° - 16 h
sur la pigmentation des différents organes des adultes
présentant primitivement la forme (E) ou (IE)*

Organes	S			
	0 jour	10 jours	20 jours	30 jours
C. alaires	translucides	translucides	blanchâtres	blanchâtres
Nervures al. .	claires	brun-clair	brun-foncé	sombres
Thorax	jaune	brun-clair	brun ± foncé	sombre
Pattes	jaunes	brun-clair	brun ± foncé	sombres

S : durée de séjour à 5°.

B. — Déterminisme de la variation de la taille

D'après les résultats obtenus, les longueurs des ailes antérieures et celle du tibia antérieur varient peu une fois que le stade L_3 est atteint.

— A des températures moyennes (10-15°), et sous une photopériode quelconque, les élevages à partir des larves L_4 ou L_5 nous fournissent des adultes dont les longueurs des ailes antérieures et du tibia se rapprochent de celles de la forme (H) ou de (IH).

— Les élevages à partir de L_5 sous les conditions expérimentales de 20-25° et même avec une longue photopériode aboutissent à la formation des adultes ayant les valeurs L_a et L_t comparables à celles présentant la forme (H) ou (IH).

Les lots de L_5 placés à 30-35° et à 12 heures d'éclairement par jour donneront des adultes ayant les ailes antérieures de longueur comparable à celle de forme (IH) ou (IE).

En un mot, la longueur des ailes antérieures des futurs adultes est fixée surtout par les conditions d'élevage des trois premiers stades larvaires.

Une fois que le stade L_3 est dépassé, pour modifier cette valeur (L_a), il faut placer les larves à de hautes températures (30-35°).

Par contre, la longueur des tibias, en l'occurrence celle des pattes, peut être modifiée plus facilement, bien qu'elle soit déjà largement déterminée dès le stade L_3 .

Nous constatons d'autre part que la taille des adultes dépend surtout de la température d'élevage des larves. Le facteur photopériode joue un rôle secondaire.

V. — EFFETS DE LA BASSE TEMPÉRATURE
ET DE LA PHOTOPÉRIODE
SUR LES DERNIERS STADES LARVAIRES
DANS LE DÉTERMINISME MORPHOLOGIQUE DE *PSYLLA PYRI*.

A partir des conclusions tirées des expériences précédentes, nous avons voulu préciser l'importance relative de l'effet de la basse température et de la photopériode sur le déterminisme morphologique de *P. pyri*.

A cet effet nous avons placé des larves L_5 , au besoin des larves L_3 ou L_4 , pendant un temps variable (5, 10, 15 ou 20 jours) à 10°-12 h ou à 10°-16 h. Ensuite, ces larves sont exposées à 20°-12 h jusqu'à la mue imaginale (fig. 17).

Conclusion

Ces observations confirment les remarques précédentes, à savoir que, si nous élevons longtemps les larves L_3 , L_4 , L_5 à 10°, nous favorisons la pigmentation du corps et des tibias de l'adulte. Mais c'est surtout la photopériode courte ou moyenne (ici, cas de l'élevage à 12 h) qui détermine la pigmentation des cellules alaires. En effet, une forte proportion d'adultes (IH) est obtenue à partir des larves qui ont séjourné pendant un certain temps à 10°-12 h, tandis que celles qui ont séjourné à 10°-16 h donneront surtout des adultes de forme (IE) (fig. 17).

Une longue photopériode appliquée pendant un laps de temps très court (5-10 jours) au dernier stade larvaire modifie peu ou pas du tout le déterminisme morphologique de l'adulte.

En outre, nous constatons que l'effet de la photopériode sur la pigmentation des cellules alaires a lieu au cours du quatrième stade larvaire.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Pendant les mois de juin-juillet-août, comme la température moyenne journalière dépasse 18° et le temps d'éclairement est supérieur à 14 h par jour, tous les adultes récoltés sont de forme estivale typique. Tandis que pendant les autres mois de l'année nous trouvons des individus plus ou moins mélanisés. Ce polymorphisme saisonnier se manifeste entre les individus de générations différentes ; il est toutefois étroitement lié à l'état physiologique de l'individu en question, à savoir : les adultes de forme estivale ne présentent pas de diapause ovarienne et ceux de forme hivernale présentent une diapause ovarienne obligatoire de plusieurs mois. Dans le cas de certains Psyllides tels que *Psylla pyrisuga* (WILLE), *Psylla buxi*, *Psylla alni*, *Psyllopsis fraxinicola* (LAL, 1937), ou chez d'autres insectes (MC LEOD, TAUBER) ou animaux (CARLISLE, 1963), ce sont les mêmes individus qui changent de couleur pendant les différentes périodes de l'année.

A la différence des Orthoptères (CHAUVIN, FUZEAU-BRAESCH, KEY, LEVITA) ou de certains Lépidoptères (IWAQ, ZAHER) chez qui le phénomène est dû principalement à l'effet de groupe (NGUYEN, 1971), le polymorphisme de *P. pyri* est identifié aux colorations des différents individus de *Araschnia levana-prorsa* (DANILEVSKII, MULLER 1955), de *Peronea fimbriana-lubricana* (KUZNETSOV, 1955) ou de *Euscelis plebejus* (MULLER, 1957).

Pigmentation

En accord avec les observations faites d'une part par WONG et MADSEN (1967) et OLDFIELD (1970) en Amérique sur *P. pyricola*, d'autre part par BONNEMAISON et MISSONNIER (1955) dans la région parisienne sur *P. pyri*, nos observations montrent qu'il existe une relation étroite entre la diapause ovarienne et l'apparition de la forme hivernale de ces Psyllides.

Par contre, nous constatons que la mélanisation des différentes parties du corps des adultes ne dépend pas des mêmes caractéristiques climatiques :

a) L'enfumage des cellules alaires des adultes de forme diapausante est déterminé par l'action d'une courte photopériode (4 à 12 h).

DANILEVSKII (1948), MULLER (1955) ont aussi montré que chez *Araschnia*, sous 9 h d'éclairement, il apparaît 100 p. 100 de forme diapausante (f. *levana*). De son côté, KUZNETSOV (1955) a démontré que les deux papillons, *Peronea lubricana* et *P. fimbriana*, considérés à tort comme deux espèces différentes, provenaient d'une même souche. L'apparition de *P. lubricana*, forme non diapausante de couleur orange-ocre, est déterminée par la longue photopériode. Au contraire, sous une courte photopériode, les larves de *Peronea* donneront des adultes diapausants forme *fimbriana*, de couleur gris-noir.

b) Associée à une courte photopériode (4-8 h), la température peut intervenir dans la mélanisation du corps de l'insecte. En effet, une température voisine de 15° détermine la pigmentation des fémurs. Dans les élevages à partir d'œufs à 5° ou 10° cette pigmentation s'étalera sur tout le corps des adultes.

Chez *P. pyri*, la mélanisation serait un phénomène labile. Elle peut être modifiée pendant toute la vie de l'insecte dans un sens ou dans l'autre :

— à partir de larves L_3 , L_4 ou L_5 récoltées au cours de l'automne, larves devant normalement donner des adultes de forme (IH) ou (H), on peut augmenter la proportion de forme (E) en les plaçant à une haute température (25°, 30° ou 35°) et sous une longue photopériode (fig. 14, 15 et 16),

— à partir d'adultes (E) on peut obtenir la forme (IH) ou même (H) par un séjour plus ou moins long au froid (5°) (tabl. 6).

Taille

Il y a un dimorphisme sexuel allométrique chez *P. pyri* comme chez *P. pyricola* récolté dans différentes localités de Californie (OLDFIELD, 1970). En outre nous notons que l'écart s'accroît au niveau des ailes antérieures et éventuellement du tibia, cela en fonction de la taille générale du corps. Mais l'écart est plus grand entre les individus de sexes différents dans la souche toulousaine qu'entre ceux de la souche parisienne (BONNEMAISON et MISSONNIER, 1955).

Comme dans le cas de *Drosophila melanogaster* (DAVID et CLAVEL) la variation de la taille chez les individus du même sexe de *P. pyri* dépend essentiellement de la température.

D'autres auteurs ont attribué un rôle prédominant à la photopériode. En effet ils signalent que chez *Euscelis plebejus* (MULLER, 1957) et *Nephottetix cincticeps* (KISIMOTO, 1959) une longue photopériode (16 h) détermine la forme d'été (adulte de taille très grande et de couleur brillante), tandis qu'une courte photopériode (4 à 15 h) détermine la forme d'hiver (adulte de taille plus petite et de couleur plus sombre). De même OLDFIELD (1970) en se basant sur les expériences de BECK (1968) accorde une grande place au rôle que joue la photopériode dans la date d'apparition des formes hivernales de *P. pyricola* dans les différentes localités de Californie.

En accord avec DANILEVSKII (1968), nous pensons que la photopériode critique peut être déplacée dans un sens ou dans l'autre par le changement de la température d'élevage, surtout pendant les stades sensibles de l'insecte en question. Nos expériences ont montré que dans la zone des températures de 15 à 25°, bien que le principal facteur dans la détermination des ailes soit la photopériode, une augmentation de température de 5° peut compenser l'effet du raccourcissement de la photopériode de 4 h (interaction de température-photopériode).

Par ailleurs, nous retrouvons les constatations faites par RIEDEL (1935), DAVID et CLAVEL (1967) sur *Drosophila melanogaster* : les caractères mesurés présentent une valeur maximale (fig. 9 et 10) qui se situe dans la zone des températures assez basses (10-15°).

Il y a une légère différence entre les souches de *P. pyri* de Versailles et de Toulouse. Selon le caractère étudié sur le matériel toulousain, les stades sensibles au déterminisme du polymorphisme sont plus ou moins fixés précocement. En effet, la taille est déterminée dès les premiers stades de développement et est difficile à modifier en fin de vie larvaire. Par contre l'assombrissement des nervures alaires et du corps de l'insecte peut être provoqué beaucoup plus tard, même à l'état adulte. Nous pensons que les différentes modifications morphologiques observées sur les individus de générations différentes, chez les insectes, en l'occurrence chez *Psylla pyri*, sont déterminées par la variation des conditions climatiques (température, photopériode), mais pas uniquement de celles de la photopériode (BONNEMAISON et MISSONNIER, DANILEVSKII, MULLER, OLDFIELD, etc.). Toutefois, chaque facteur a un déterminisme plus ou moins spécifique en ce sens :

— que sa manifestation maximale dépend de caractéristiques climatiques qui lui sont propres (cellules alaires : courte photopériode ; formes : courte photopériode et température basse ; longueur des ailes et du tibia : température),

— que le stade d'induction et les possibilités de réversibilité varient également selon le caractère.

La *mélanisation* est toujours possible jusqu'au stade adulte, et elle est réversible. La *taille* est définie dès le début de la vie larvaire.

SUMMARY

DETERMINISM OF THE SEASONAL FORMS OF PEAR PSYLLA, *PSYLLA PYRI* L.

A seasonal polymorphism on *Psylla pyri* is noted in the orchards.

Laboratory results indicated that :

— short photoperiod and low temperatures induced the winter form ;

— long photoperiod and high temperatures induced the summer form.

But each ecologic factor has its own part in the inducing of the seasonal form :

— short photoperiod (under 12 h) influenced the formation of the smoky zone in the cells of the forewings ;

— short photoperiod coupled together with low temperature (under 10°C) induced the darkness of the forewings, the black coloration of thorax and legs ;

— a long stay (30 days) at 5° converted the light color of the summer form into the dark color of the winter form ;

— an exposing at high temperature (25-35°C) of the 3th, 4th or 5th instars of the last generation of *P. pyri* converted the adults into the summer form ;

But the length of the forewings could not changed when the breeding conditions were modified after the 3th instars.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BECK S., D., 1968. *Insect photoperiodism*. Academic Press ; New York, 288 p.
- BONNEMAISON L., MISSONNIER J., 1955. Recherches sur le déterminisme des formes estivales ou hivernales et de la diapause chez le Psylle du Poirier (*Psylla pyri* L.). *Ann. I. N. R. A., Série Épiph.*, **4**, 417-528.
- CARLISLE D. B., 1963. Color changes in Animals. *Ann. Rep. Smithsonian Institution*, 417-425.
- CHAUVIN R., 1941. Contribution à l'étude physiologique du criquet pèlerin et du déterminisme des phénomènes grégaires. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, **110**, 133-272.
- CHAUVIN R., 1958. L'action de groupement sur la croissance des grillons (*Gryllus domesticus*). *J. Insect Physiol.*, **2**, 235-248.
- DANILEVSKII A. S., 1948. The photoperiodic reaction of insects in conditions of artificial light. *Rep. Acad. Sci. U.S.S.R.*, **60** (3), 481-484.
- DANILEVSKII A. S., 1965. *Photoperiodism and Seasonal development of Insects*. Oliver and Boyd Ltd., Edinburgh and London 283 p.
- DAVID J., CLAVEL Marie-Fr., 1967. Influence de la température subie au cours du développement sur divers caractères biométriques des adultes de *Drosophila melanogaster* MEIGEN. *J. Insect. Physiol.*, **13**, 717-729.
- FUZEAU-BRAESCH S., 1960. Étude biologique et biochimique de la pigmentation chez un insecte, *Gryllus bimaculatus*. *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 525-626.
- IWAO S., 1959. Some analyses on the effect of population density on larval coloration and growth in the armyworm *Leucania unipuncta*. *Physiol. Ecol.*, **8**, 107-116.
- KEY K. H. L., 1957. Kentromorphic phases in three species of Phasmatodea. *Austr. J. Zool.*, **5**, 247-284.
- KISIMOTO R., 1959. Studies on the diapause in the planthoppers and leafhoppers. III. - Sensitivity of various larval stages to photoperiod and the forms of ensuing adults in the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER. *Jap. J. appl. Ent. Zool.*, **3**, 200-207.
- KUZNETSOV V. I., 1955. The leafrollers *Peronea lubricana* Mn. and *P. fimbriana* THNBG., as forms of a single species. *Entomol. Obozr.*, **34**, 124-128.
- LAL K. B., 1937. On the immature stages of some Scottish and other Psyllidae. *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, **57**, 305-331.
- LEVITA Brig., 1962. Contribution à l'étude du mécanisme d'un effet de groupe chez un insecte orthoptère : *Gryllus bimaculatus* DE GEER. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **87** (2-3), 197-221.
- MC LEOD E. G., 1967. Experimental induction and elimination of adult diapause and autumnal coloration in *Chrysopa carnea*. *J. Insect. Physiol.*, **13**, 1343-1349.
- MULLER H. J., 1955. Die Saisonformenbildung von *Araschnia levana*, ein photoperiodisch gesteuerter Diapauseeffekt. *Naturwiss.*, **42**, 134-135.

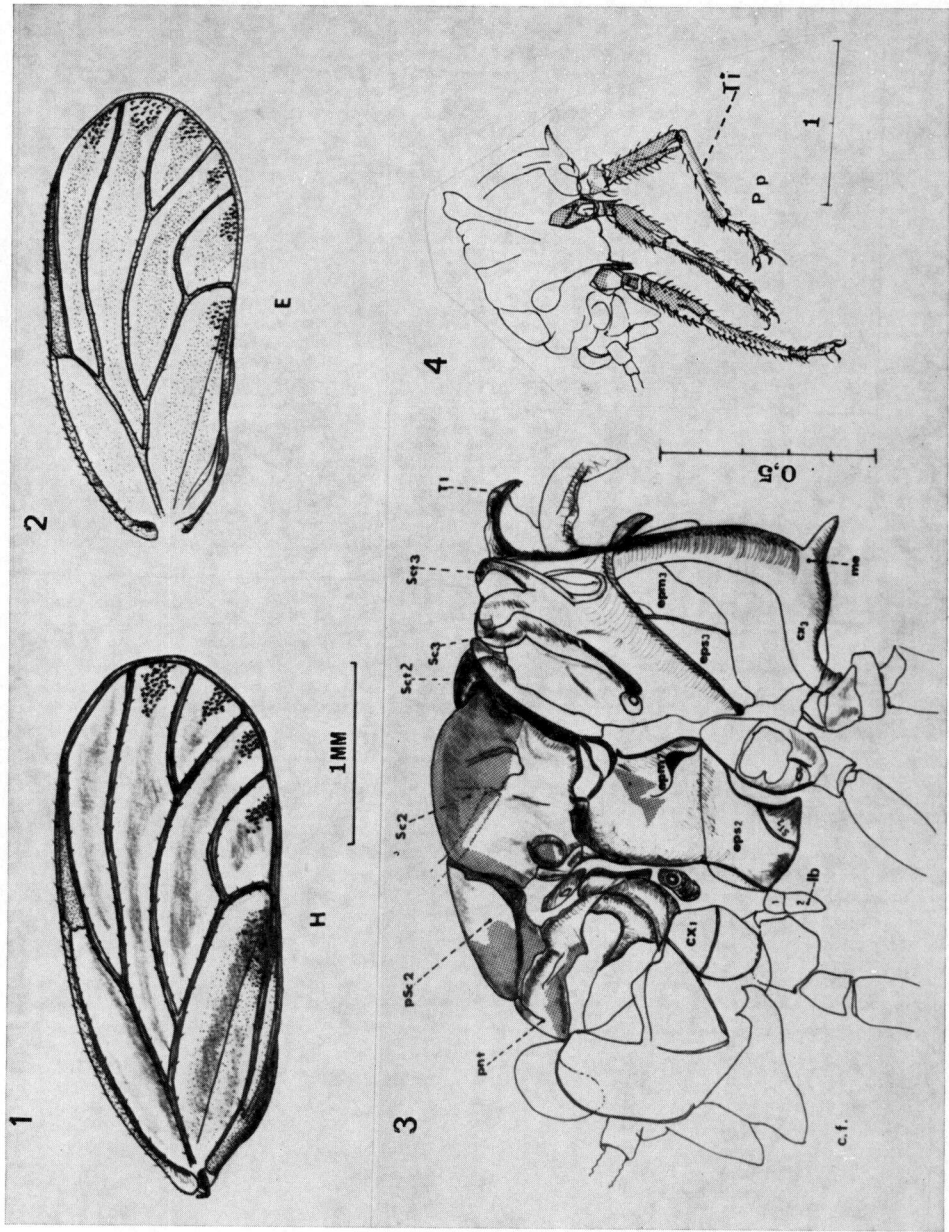
- MULLER H. J., 1957. Die Wirkung exogener Faktoren auf die zyklische Formenbildung der Insekten, insbesondere der Gattung *Euscelis* (Hom. Auchenorrhyncha). *Zool. Jb., Abt. System, Okol., Geogr.*, **84**, 317-430.
- MULLER H. J., 1970. Formen der Dormanz bei Insekten. *Nova Acta Leopoldina*, **191** (35), 7-27.
- NGUYEN T. X., 1962. Cycle d'un Psylle du Poirier, *Psylla pyri* L. (Hom. Psyllidae) dans le Midi de la France. *Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse*, **97** (1-2), 230-240.
- NGUYEN T. X., 1964. Observations préliminaires concernant l'élimination de la diapause chez *Psylla pyri* L. *Revue Path. Ent. Agric., Fr.*, **93** (1), 3-12.
- NGUYEN T. X., 1967. Observations sur l'élimination de la diapause de *Psylla pyri* L. dans les conditions naturelles. *Ann. Soc. Ent. Fr., (N. S.)*, **3** (1), 151-164.
- NGUYEN T. X., 1971. Effet de groupement sur la reproduction et la longévité de *Psylla pyri* L. (Insectes Homoptera-Psyllidae). *C. R. Acad. Sci., Paris*, **272**, 1782-1784.
- OLDFIELD G. N., 1970. Diapause and polymorphism in California populations of *Psylla pyricola* (Homoptera-Psyllidae). *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **63** (1), 180-184.
- RIEDEL H., 1935. Der Einfluss der Entwicklungstemperatur auf Flügel- und Tibianlänge von *Drosophila melanogaster* (wild, vestigial und die reziproken Kreuzungen). *Arch. Entw. Mech. Org.*, **132**, 463-503.
- TAUBER M., TAUBER Cath., 1969. Diapause in *Chrysopa carnea* (Neuroptera : Chrysopidae). I. Effect of Photoperiod on reproductively active adults. *Can. Ent.*, **101**, 364-370.
- WILLE H. P., 1950. Untersuchungen über *Psylla pyri* L. und andere Birnblattsäugerarten in Wallis. *Diss. Zurich*, 113 p.
- WONG TIM T. Y., MADSEN H. F., 1967. Laboratory and field studies on the seasonal forms of pear psylla in Northern California. *J. econ. entomol.*, **60** (1), 163-168.
- ZAHER M. A., MOUSSA M. A., 1961. Effects of population density on *Prodenia litura*. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **54**, 145-149.
-

PLANCHE I

FIG. 1 et 2. — Aile antérieure de *Psylla pyri* des formes hivernale typique H et estivale typique E.

FIG. 3 et 4. — Thorax et Pattes d'un adulte.

Abréviations : cf cône frontal ; cx coxa ; epm epimeron ; eps episternum ; lb labium ; me meracanthus ; pnt pronotum ; psc prescutum ; Sc scutum ; Sct scutellum ; St sternite ; T tergite ; Ti tibia.



NGUYEN THANH-XUAN

PLANCHE II

*Évolution morphologique des adultes de P. pyri
au cours des saisons*

FIG. 5. — Pourcentages des différentes formes.

FIG. 6. — Longueurs moyennes en mm des ailes antérieures L_a .

FIG. 7. — Longueurs moyennes en mm des tibias des pattes antérieures L_t .

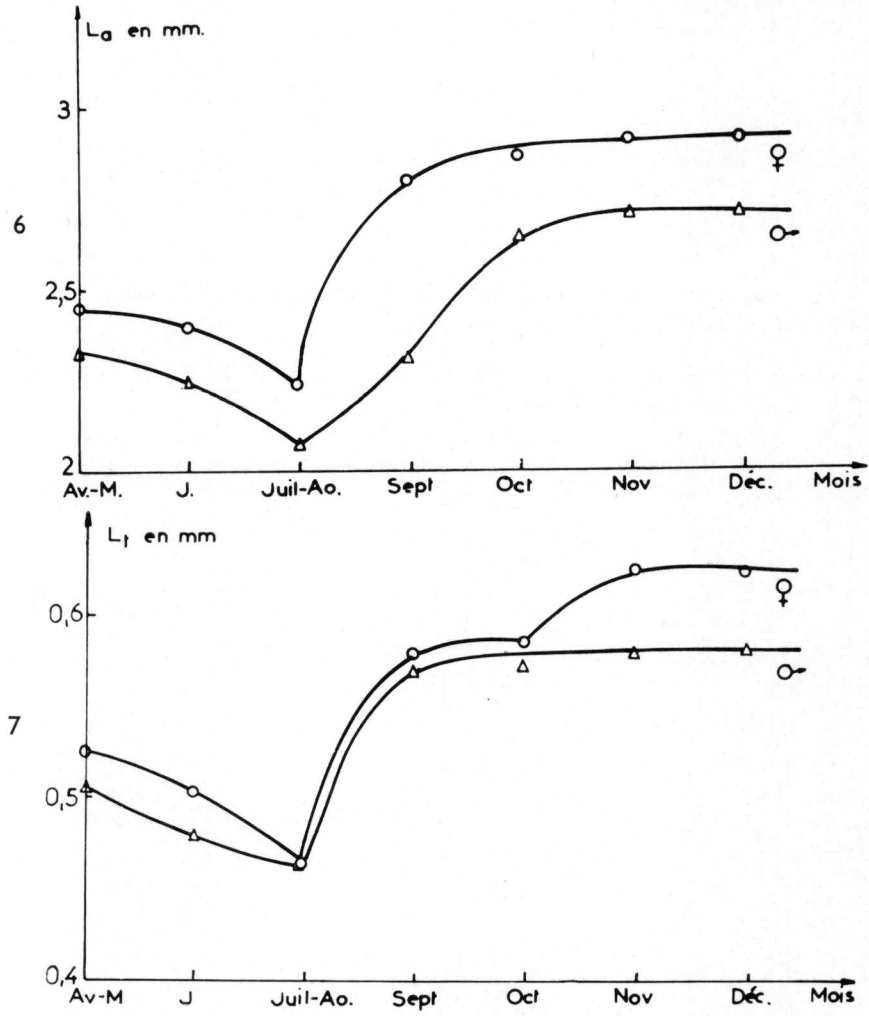
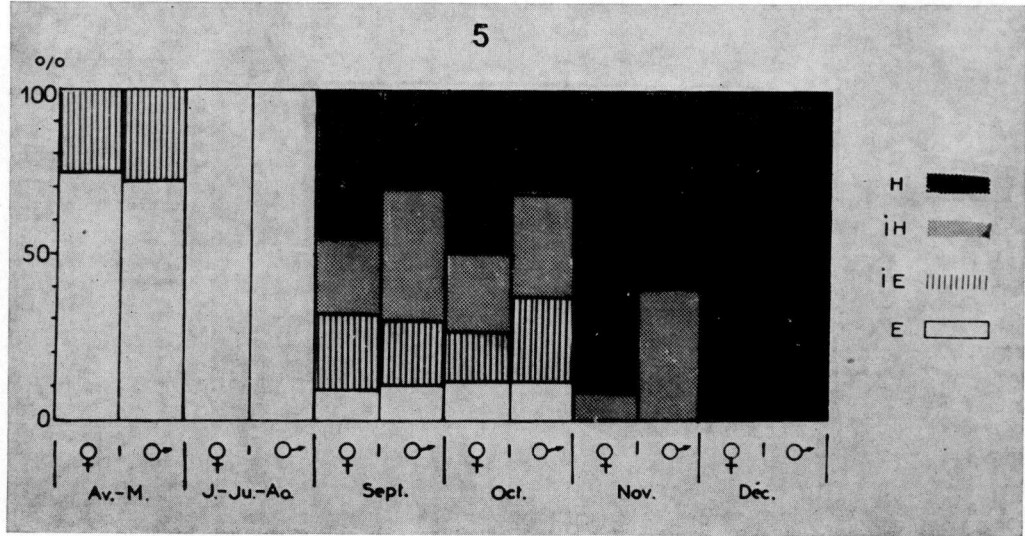


PLANCHE III

*Influence de la température et de la photopériode,
dans les élevages, à partir des œufs*

FIG. 8. — Sur le déterminisme de la pigmentation (pourcentage) de *P. pyri*.

FIG. 9 et 10. — Sur le déterminisme de la taille (L_a et L_f en mm) des adultes des deux sexes.

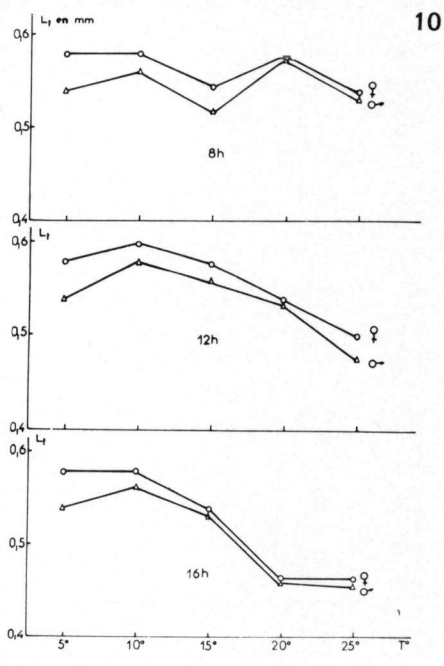
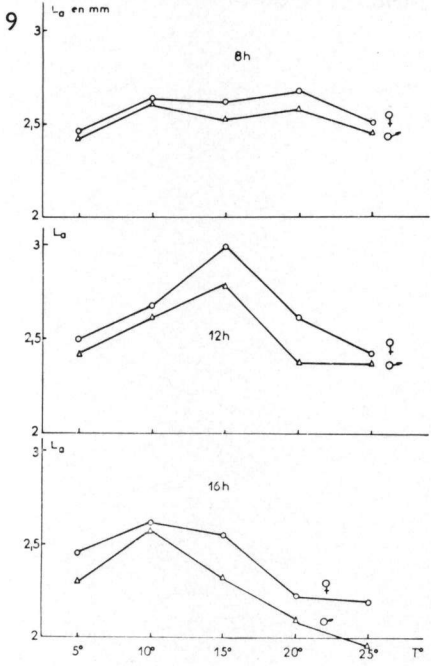
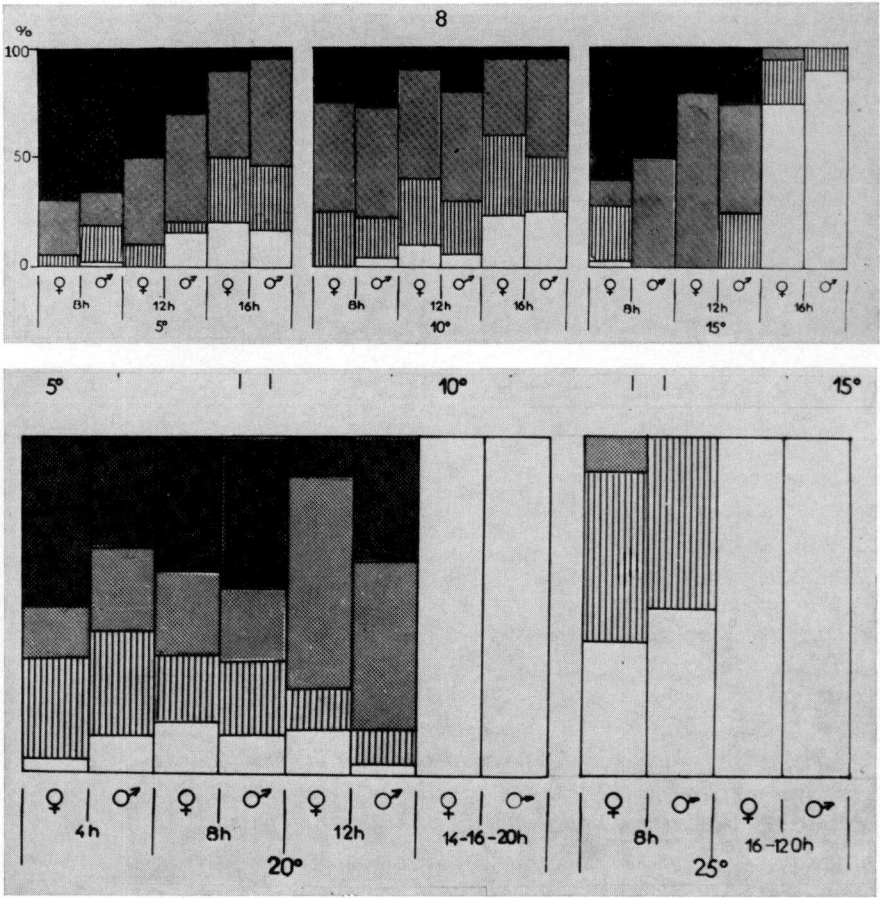


PLANCHE IV

*Influence de la température et de la photopériode
sur le déterminisme de la pigmentation des adultes de P. pyri (p. 100)
issus des élevages à partir des larves de 3^e, 4^e ou 5^e stade (L₃, L₄, L₅)*

FIG. 11 : à 10° ; FIG. 12 : à 15° ; FIG. 13 : à 20°.

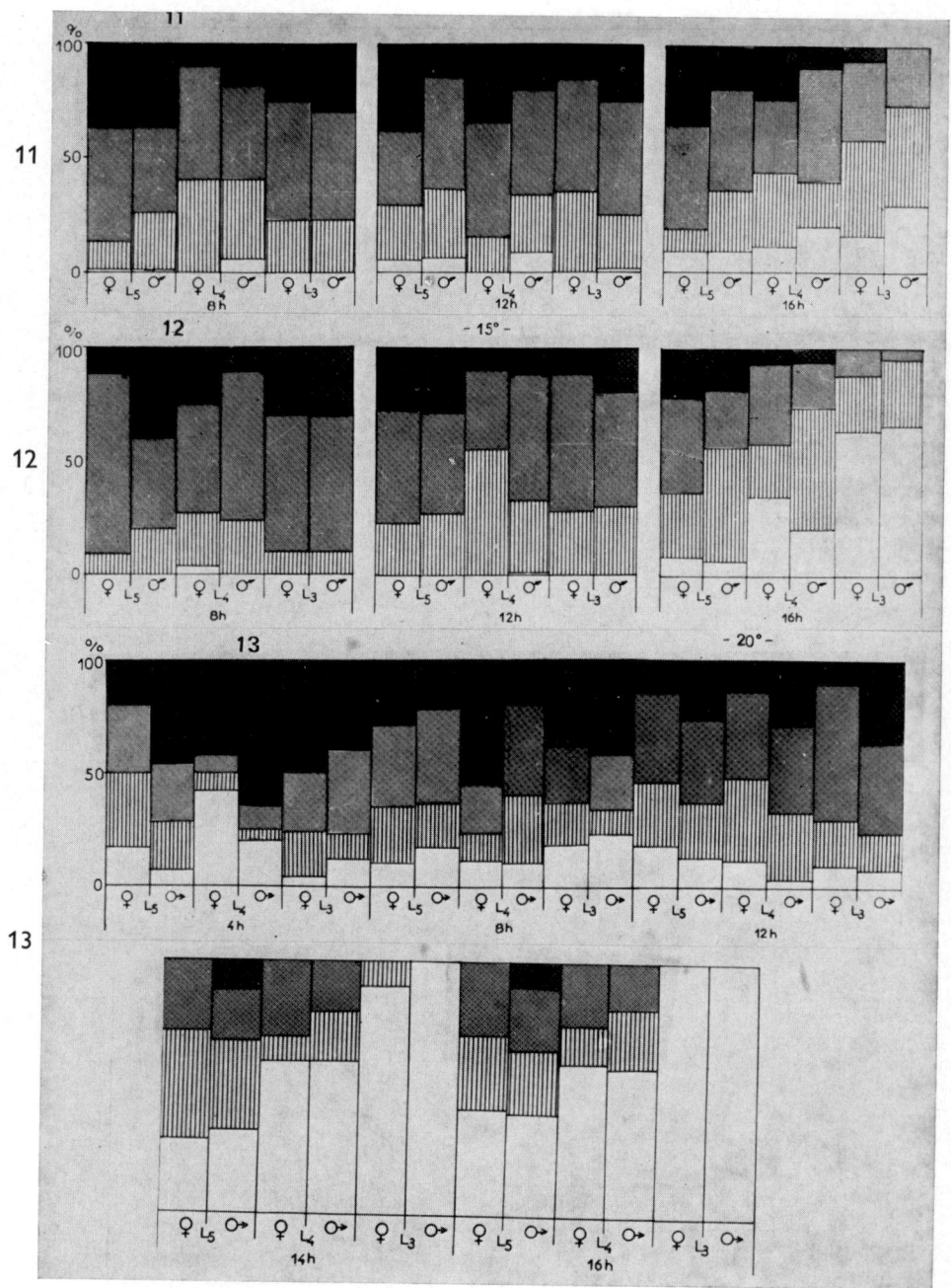
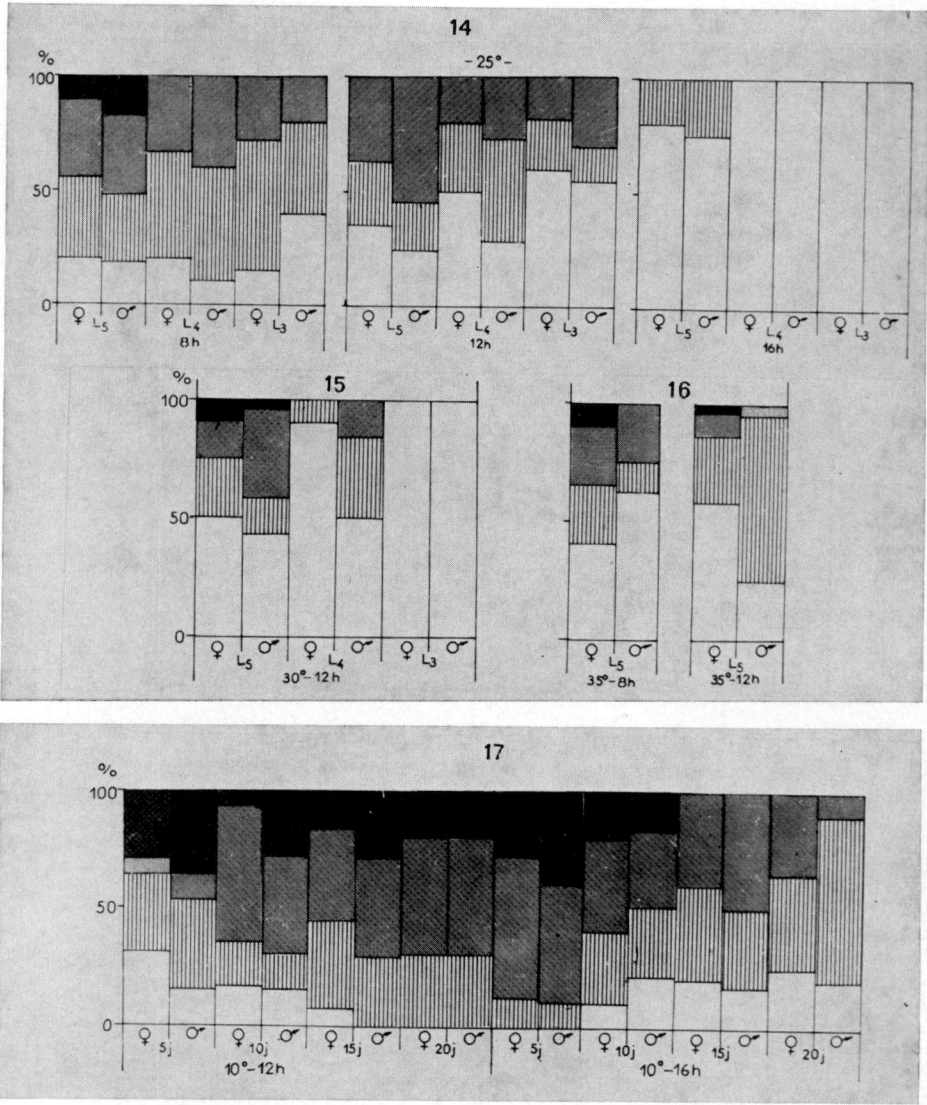


PLANCHE V

*Influence de la température et de la photopériode
sur le déterminisme de la pigmentation des adultes de P. pyri (p. 100)
issus des élevages à partir des larves de 3^e, 4^e ou 5^e stade (L₃, L₄, L₅)*

FIG. 14 : à 25° ; FIG. 15 : à 30° ; FIG. 16 : à 35°.

FIG. 17. — Effet d'un séjour limité à basse température (10°), sous une photopériode de 12 h ou 16 h par jour, appliqué au stade L₃, L₄ ou L₅, sur le déterminisme de la pigmentation des adultes de *P. pyri* (p. 100).



RECHERCHES PAR ÉLEVAGE EN INSECTARIUM
ET PAR PIÈGEAGE SEXUEL,
SUR LE CYCLE ANNUEL DE L'ALUCITE DES CÉRÉALES
SITOTROGA CEREALELLA OLIV. LEP. *GELECHIIDAE*
ET SUR LE RÔLE DES CULTURES DE BLÉ ET DE MAÏS
DANS LE MAINTIEN DE L'ESPÈCE EN AQUITAINE (FRANCE)

H. CANGARDEL et J. STOCKEL

avec la collaboration technique de P. TURTAUT

*Laboratoire de Recherches sur les Insectes des Dénrées,
Centre de Recherches de Bordeaux, I. N. R. A.,
33 - Pont-de-la-Maye*

RÉSUMÉ

La présente étude est consacrée à la détermination du nombre maximum de générations de *Sitotroga cerealella* dans la nature et à la recherche d'une plante-hôte relai précédant le maïs en Aquitaine. La méthode utilisée est basée sur la comparaison de l'activité de l'insecte dans la nature, étudiée par piégeage sexuel, et des résultats obtenus en insectarium par un élevage contrôlé.

Le nombre de générations est au maximum de trois : deux générations estivales G_1 et G_2 se succédant de début juin à fin octobre et une génération hivernante G_H d'octobre à juin.

Nos expériences semblent mettre en évidence, pour cet insecte, l'existence d'une constante thermique comprise entre 550 et 750 degrés-jours, que des expériences complémentaires s'efforceront de préciser.

La longévité des adultes varie selon la température, le sexe et leur état sexuel. La fécondité des femelles dépend de la température moyenne au cours de la période de ponte.

Par piégeage sexuel et par infestation naturelle, il est établi que le blé constitue une plante-hôte relai précédant le maïs pour assurer la survie de la première génération G_1 .

INTRODUCTION

L'Alucite possède la particularité de pouvoir se développer de manière théoriquement continue en silo et en magasin pendant l'hiver et, par ailleurs, d'infester pendant l'été les cultures céréalières telles que le Blé et le Maïs.

Si la connaissance du taux d'infestation de l'Alucite en culture peut paraître d'une importance économique négligeable (moins de 1/100 des grains attaqués, ce qui correspond à une perte pondérale de 0,12 p. 100 environ) comme l'ont montré nos premières observations (STOCKEL, 1967), il n'en reste pas moins que la détermination des modalités de l'infestation au champ présente un intérêt pratique car elle conditionne l'importance des pertes subies par les céréales en cours de stockage.

Il paraissait donc intéressant de déterminer avec précision le cycle évolutif de cet insecte dans la nature en Aquitaine (nombre de générations, succession des plantes-hôtes) ainsi que la longévité et la fécondité des adultes des différentes générations.

I. — DÉTERMINATION EN INSECTARIUM D'UN NOMBRE THÉORIQUE DE GÉNÉRATIONS ANNUELLES

A. — Méthode

A partir de la date de capture par piégeage sexuel des premiers mâles dans la nature (STOCKEL, 1971), un élevage a été mis en place en insectarium. Dix couples du jour, provenant de l'élevage contrôlé du laboratoire (STOCKEL et TURTAUT, 1970) furent placés isolément dans des cagettes grillagées munies d'un abreuvoir et d'un pondoir. On a noté la longévité totale, la durée de la période de ponte et on a dénombré journallement les œufs pondus par chaque couple.

Les mille premiers œufs pondus par ces adultes (ponte des trois premiers jours) ont été placés sur des fragments d'épis de maïs, (hybride simple $F_7 \times F_2$) à structure cornée, maintenus dans l'insectarium soumis aux conditions climatiques de la nature.

Pour l'étude de la succession des générations, ces œufs représentent théoriquement les premières pontes déposées dans la nature par les adultes les plus précoces de la génération hivernante.

En examinant successivement la descendance des premiers adultes de chaque génération, on détermine ainsi le nombre maximum de générations ainsi que la vitesse de développement de chacune d'entre elles.

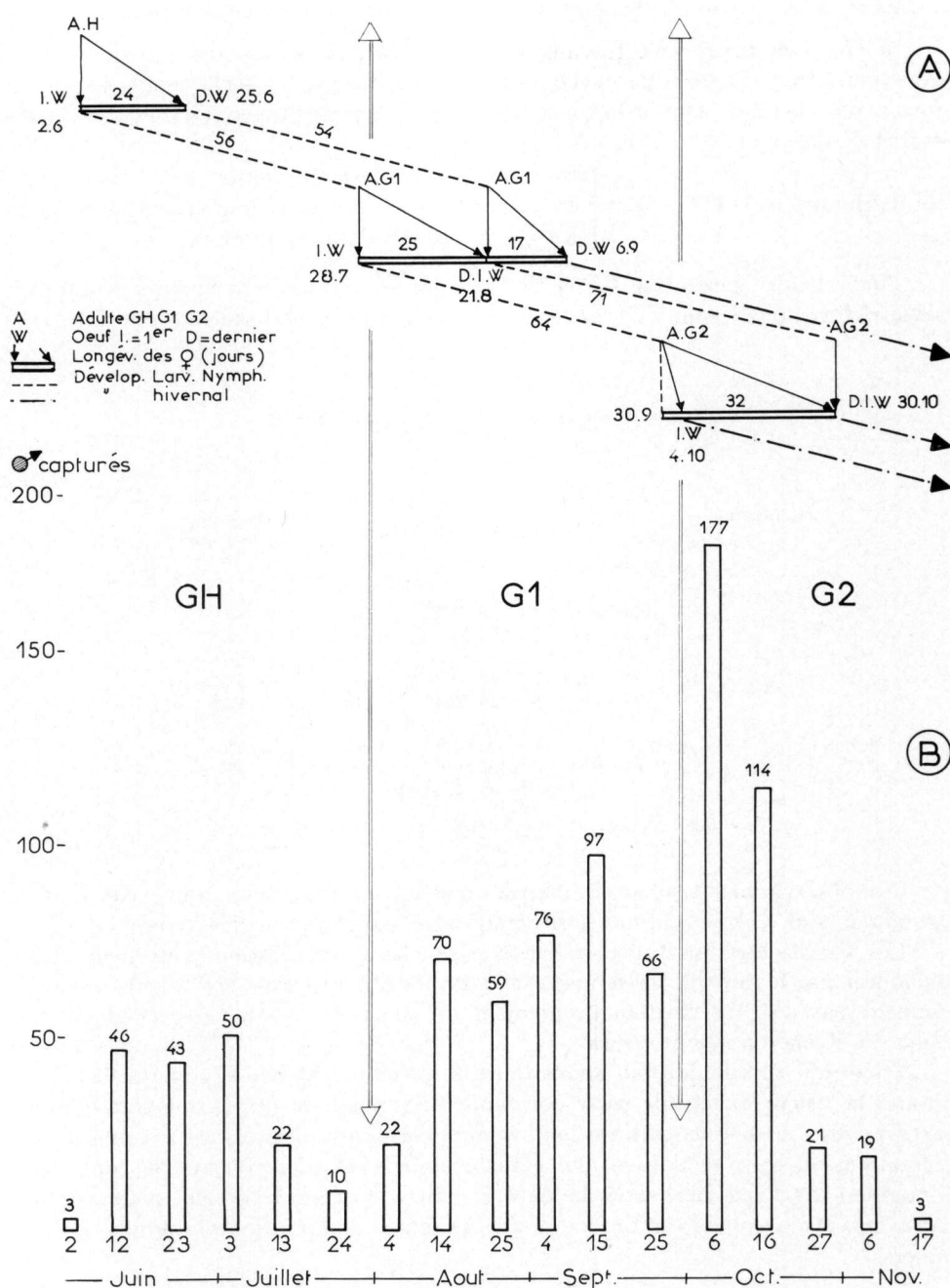
On a examiné d'autre part, selon le même protocole, la descendance des derniers œufs pondus par ces mêmes premiers adultes de la génération hivernante. En utilisant toujours les notions de premières et dernières pontes, on a répété l'opération avec les adultes issus de chaque génération obtenue.

B. — Résultats

1. Nombre théorique de générations.

La figure 1 A rend compte des différentes dates d'apparition des premiers adultes issus des deux types de pontes considérés.

Nous remarquons que les premiers adultes émergents donnent trois générations complètes (deux générations estivales G_1 et G_2 et une génération hivernante G_H) à partir de leurs premières pontes. En revanche, nous ne relevons l'existence que de deux générations issues des derniers œufs de ces mêmes adultes.

FIG. 1. — Détermination du cycle évolutif de *S. cerealella* OLIV. en Aquitaine

A) cycle théorique en insectarium

B) cycle pratique déterminé par le piégeage sexuel

2. Variation de la durée d'évolution larvaire et nymphale selon la génération.

Si l'on s'en réfère aux travaux de HARUKAWA et KUMASHIRO (1936) et de CARVALHO (1963), le zéro de développement de *Sitotroga cerealella* serait de 10°C. Nous avons cherché à établir la constante thermique pour l'espèce en fonction de ce seuil et de nos données.

$$\text{Cte thermique} = D (T^{\circ} - K^{\circ}) \begin{cases} D = \text{durée d'évolution en jours} \\ T^{\circ} = \text{température moyenne journalière} \\ K^{\circ} = \text{seuil de développement (10°C)} \end{cases}$$

Pour chaque génération G_1 , G_2 et G_H , nous avons étudié la durée d'évolution larvaire et nymphale pour les deux cas considérés : première et dernière ponte (tabl. 1).

TABLEAU I

Durée d'évolution larvaire et nymphale par génération

Génération	Durée d'évolution (larvaire et nymphale)	Constante thermique (degrés-jours)
G_1	1 ^{re} ponte 2-6 au 28-7 56 j	559
	dernière 25-6 au 14-8 54 j	557
G_2	1 ^{re} ponte 28-7 au 30-9 64 j	620
	dernière 21-8 au 30-10 71 j	473
G_H	Pontes { 6-9 au 13-5 250 j	620
	4-10 au 29-6 269 j	759
	30-10 pas de sorties	

Ces observations tendent à mettre en évidence l'existence d'une constante thermique pour *S. cerealella* qui se situerait entre 550 et 750 degrés-jours.

Les variations importantes relevées pour chaque génération pourraient être expliquées par le fait que les données climatiques utilisées dans nos calculs ne proviennent pas de l'Insectarium proprement dit mais, du poste météorologique du Centre de Recherches de Bordeaux.

Quoi qu'il en soit, il serait souhaitable de préciser, par une expérience de laboratoire, la valeur exacte de cette constante thermique, ce qui permettrait d'une part d'évaluer dans les conditions relativement constantes de stockage le nombre de générations successives durant une période donnée, et d'autre part de contrôler l'hypothèse de l'existence dans la nature d'une diapause hivernale avancée par CARVALHO et de prévoir, en un lieu donné, les dates d'apparition des adultes printaniers.

3. Variation de la longévité des adultes de chaque génération.

HARUKAWA et KUMASHIRO ont montré au Japon que la longévité de l'adulte croît d'une manière inversement proportionnelle à la température. Ces auteurs

constatent que dans la nature, les femelles vivent en moyenne : 9 jours en juillet ; 30 jours en octobre ; 63 en novembre.

Pour la connaissance du cycle évolutif de *S. cerealella*, la détermination de la longévité des adultes de chaque génération nous paraissait indispensable pour établir une relation avec les périodes de captures par piégeage sexuel dans la nature (fig. 1 A et B).

Nous avons pour notre part considéré dans cette étude les trois cas suivants : mâles vierges, femelles vierges, couples (la longévité du couple est en réalité celle de la femelle).

Dix répétitions ont été réalisées pour chaque génération étudiée (tabl. 2).

TABLEAU 2

Longévité minimale, maximale et moyenne des adultes vierges et des couples, par génération, pour le premier et le dernier œuf, en fonction de la température moyenne

Génération	Longévité	Premier œuf			Dernier œuf		
		♂ vierge	♀ vierge	Couple	♂ vierge	♀ vierge	Couple
G _H	Mini-Maxi	7-35	13-36	11-27			
	Moyenne	24,2	23,6	23,8			
	Température $\bar{x}$ (°C)	20,0	20,0	20,0			
G ₁	Mini-Maxi	15-21	16-23	13-33	21-32	17-36	13-20
	Moyenne	18,7	20,1	24,6	25,1	28,3	16,7
	Température $\bar{x}$ (°C)	20,7	20,7	20,4	20,7	20,7	19,3
G ₂	Mini-Maxi	43-68	31-75	13-39			
	Moyenne	57,3	58,5	36,2			
	Température $\bar{x}$ (°C)	12,0	12,0	12,9			

L'examen de ce tableau nous a conduits aux trois remarques suivantes :

a) la longévité des femelles accouplées est identique à celle des femelles vierges pour la génération hivernante : elle devient légèrement supérieure pour les descendants des premiers œufs de G₁ et nettement inférieure pour les descendants des derniers œufs de cette même génération ainsi que pour les descendants des premiers œufs de G₂.

b) la femelle vierge semble vivre un à deux jours de plus que le mâle vierge.

c) la longévité des adultes vierges est inversement proportionnelle à la température moyenne au cours de leur vie et nos résultats rejoignent ceux obtenus par HARUKAWA et KUMASHIRO.

4. Variation de la fécondité selon la génération

Les œufs furent dénombrés journallement pour chaque couple. Le graphique de la figure 2 représente les courbes cumulées des pontes moyennes journalières de

chaque génération pour lesquelles nous n'avons considéré que les descendants du premier œuf. Les moyennes générales d'œufs pondus par couple ont été de :

192 œufs pour la	G_H
214 — — —	G_1
75 — — —	G_2

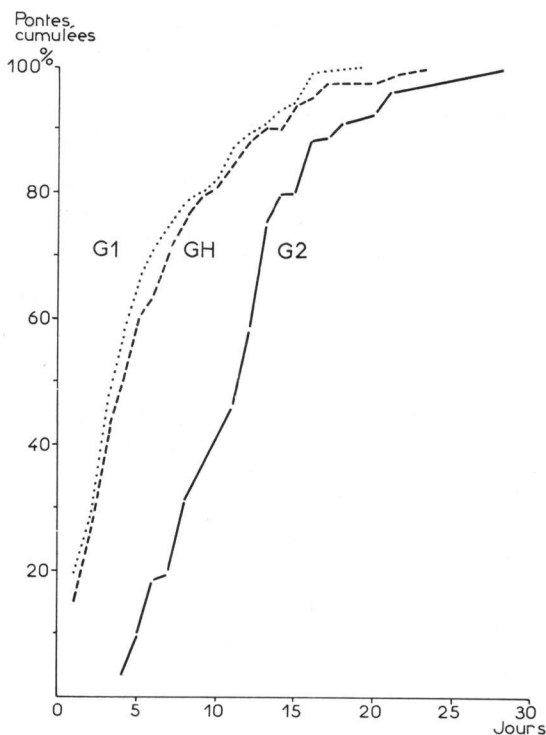


FIG. 2. — Comparaison des courbes de pontes cumulées selon les générations

Il semble que les différences d'effectifs d'œufs pondus par génération soient en liaison directe avec l'action de la température (tabl. 3). Ce qui confirme chez *S. cerealella* les résultats obtenus par de nombreux auteurs parmi lesquels nous citons ceux de H. ZAAZOU (1948) repris par P. CARLE (1963) sur *Acanthoscelides obtectus* SAY, de J. MISSONNIER et M. STENGEL (1966) sur les Muscides.

5. Variation de la rapidité du dépôt des œufs selon les générations et la présence continue ou non du mâle.

Nous avons calculé le pourcentage d'œufs déposés journalièrement selon les deux cas :

- femelle en présence permanente du mâle pour G_H , G_1 et G_2 ;
- femelle isolée après un seul accouplement constaté pour G_1 et G_2 (tabl. 3).

Si les effectifs totaux d'œufs pondus varient peu selon les catégories considérées,

on constate pour G_1 que le pourcentage moyen d'œufs déposés le premier jour est plus élevé dans le cas des femelles isolées (39,6 p. 100) que pour celles laissées en présence permanente du mâle (19,4 p. 100).

TABLEAU 3

Évolution journalière du pourcentage d'œufs déposés pendant les dix premiers jours

♂ avec ♀	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total ω
G_H	15,4	11,7	16,3	6,1	9,9	4,6	7,3	4,7	3,2	2,6	1 920
G_1	19,4	8,5	18,4	10,9	8,8	5,0	4,7	2,2	2,4	3,3	2 140
G_2	—	—	—	3,7	6,6	8,7	0,3	12,2	14,5	12,0	750
♀ isolée											
G_1	39,6	10,4	17,0	8,3	6,0	3,8	2,9	1,0	0,7	3,3	2 022
G_2	—	—	—	17,7	4,2	6,4	10,5	—	—	19,5	556

En outre, si pour G_2 la ponte n'a débuté que le 4^e jour, par suite des températures plus basses à cette époque de l'année, nous observons le même phénomène :

G_2 (femelles isolées) : 17,7 p. 100 d'œufs pondus en moyenne ;

G_2 (mâles avec femelles) : 3,7 p. 100 d'œufs pondus en moyenne.

Toutes conditions étant égales par ailleurs, ces considérations nous amènent à penser que la présence permanente du mâle avec la femelle dans la cage à pour effet de ralentir, dans les premiers jours, le processus de ponte.

II. — ÉTUDE DU NOMBRE PRATIQUE DE GÉNÉRATIONS EN AQUITAINE POUR L'ANNÉE 1970

Après avoir montré depuis 1968 (STOCKEL, 1971) que la méthode du piégeage sexuel peut être utilisée pour la détermination des périodes d'activité des mâles de *Sitotroga cerealella* dans la nature, nous avons, au cours de l'année 1970, employé cette méthode pour comparer les périodes d'activité maximale des mâles aux générations théoriques définies plus haut.

A partir du début mai, deux pièges sexuels classiques (STOCKEL, 1971) furent installés à proximité de séchoirs à maïs dans deux localités voisines de l'insectarium.

Le dénombrement des mâles eut lieu tous les 4 jours, l'apport des nouvelles femelles vierges dans les pièges ayant lieu un relevé sur deux.

Les premières captures furent enregistrées le 29 mai, ce qui nous a conduits à faire débiter le 2 juin l'expérience sur la détermination du nombre de générations par élevage en insectarium.

Les relevés moyens par décade de ces deux pièges permettent d'établir le diagramme d'activité des mâles au cours de l'année (fig. 1 B). Nous y remarquons trois périodes d'activité bien distinctes, se situant :

- de début juin à fin juillet ;
- de début août à début octobre ;
- d'octobre à fin novembre ;

et correspondant à des effectifs très différents.

La comparaison des figures 1 A et 1 B nous conduit aux remarques suivantes :

1° La première période d'activité représente les sorties d'adultes de la génération hivernante (G_H). En effet, si nous considérons la durée de développement théorique des premiers descendants de la G_H (2 juin à 28 juillet), nous constatons que les captures de juin à fin juillet ne peuvent provenir que d'adultes de G_H .

D'autre part, en fonction des données de sommes de température signalées plus haut et des diminutions de captures constatées du 3 au 24 juillet, on peut penser que la période d'émergence des insectes de la génération hivernante se termine début juillet.

Avec une longévité moyenne de 24 jours, les derniers adultes survivants de la génération hivernante disparaissent au moment où apparaissent les premiers de la G_1 .

2° A partir du 28 juillet et jusqu'au 30 septembre, les mâles capturés appartiennent à la première génération (G_1), car les papillons les plus précoces de G_2 n'apparaissent qu'à partir de cette dernière date en insectarium et que d'autre part, G_H est terminée depuis fin juillet.

3° Après le 30 septembre, nous capturons des mâles provenant à la fois de la première et de la seconde génération ($G_1 + G_2$). Les captures importantes des 6 et 16 octobre correspondent bien à l'apparition des premiers mâles de G_2 qui viennent s'ajouter aux derniers de G_1 qui ne peuvent être présents au-delà du 30 octobre.

Par la suite, et jusqu'à la fin du piégeage (27 novembre), tous les mâles capturés ne peuvent provenir que de G_2 .

4° La population hivernante (G_H) comme l'indique le graphique 1 A est issue de pontes déposées à partir du début septembre : elle est donc constituée par une partie importante des larves de G_1 et par l'ensemble de celles de G_2 qui numériquement doivent cependant être les plus faibles étant données les différences de fécondité signalées plus haut.

5° A la fin du printemps, les premiers adultes provenant de G_H ne peuvent trouver dans la nature, pour assurer la survie de leur descendance que :

- des épis de maïs en séchoir extérieur ;
- des graminées sauvages ou cultivées ayant passé le stade floraison.

La première génération, début août, se développe sur épis de maïs en culture ; il en est de même pour la seconde génération début octobre.

III. — RECHERCHE DES POSSIBILITÉS DE DÉVELOPPEMENT DE LA PREMIÈRE GÉNÉRATION SUR BLÉ ET SUR INFLORESCENCE MÂLES DE MAÏS EN CULTURE

A. — *Par infestation artificielle*

1. *Sur épis de blé.*

a) *Technique utilisée* : une cage grillagée de grand volume ($2 \times 2 \times 2$ m) est placée sur une culture expérimentale de blé d'hiver avant le stade floraison.

Le plan d'essai prévoit cinq périodes d'infestation réalisées tous les 10 jours à partir de l'épiaison, ceci afin de déterminer avec précision la stade végétatif du blé permettant la survie des premiers descendants de G_1 . La première infestation est faite le 21 mai : le blé étant alors au stade fin de floraison. La dernière infestation a lieu le 1^{er} juillet au stade maturité complète.

Chaque parcelle élémentaire est constituée de 5 épis de blé réunis et enfermés dans un manchon de toile de nylon à mailles fines. Huit répétitions sont réalisées pour l'ensemble de cette expérience.

Pour chaque infestation, deux témoins sont constitués par deux épis de maïs placés dans les mêmes conditions ; toutes les infestations sont réalisées à partir de deux couples du jour provenant de l'élevage du laboratoire, par répétition.

b) *Résultats* : pour chaque infestation, la totalité des épis est récoltée dès l'apparition des premiers opercules dans les lots témoins. Ces épis sont placés en chambre climatisée à 22-23°C et 80 p. 100 d'humidité relative en obscurité.

TABLEAU 4

Résultats des infestations artificielles sur blé

Infestations blé	Effectif sorti au 24 ^e jour		Durée d'évolution moyenne de l'adulte à l'adulte (jours)		
	Infestation blé	Témoin maïs	Extérieur	Chambre 22-23°C	Totale
1 21-5	75	154	43	12	55
2 1-6	124	264	33	12	45
3 11-6	158	297	26	21	47
4 22-6	166	131	15	27	49
5 1-7	147	219	14	33	47

Dès l'apparition des premiers adultes, des dénombrements systématiques sont réalisés jusqu'à épuisement. Le tableau 4 compte des effectifs recueillis pour les 24 premiers jours seulement.

Deux remarques peuvent être formulées :

1° Le nombre d'adultes relevé pour la première infestation est significativement inférieur à celui des quatre autres. Cette différence est due à la fois à l'action de la température et à une maturité moins avancée des grains de blé.

2° Les effectifs dénombrés dans les lots témoins sur Maïs montrent que les infestations artificielles ainsi réalisées se sont développées normalement. (En effet un couple peut donner en laboratoire, de 250 à 300 œufs fertiles pendant la durée de la vie de la femelle).

En revanche, les infestations dans les épis de blé ont donné des effectifs significativement inférieurs dans quatre sur cinq des cas. Nous pouvons penser que cette différence est due à une plus importante compétition alimentaire sur blé que sur épis de maïs. En effet, si un épi de maïs comporte 300 à 400 grains (soit 600 à 800 grains pour un lot témoin de 2 épis), un épi de blé n'en compte que 30 à 33 (soit 150 à 165 grains pour un lot de 5 épis).

Le développement larvaire sur blé est donc possible sur « grain laiteux » comme l'avaient déjà signalé J. L. KING (1918) et H. KOONE (1952).

2. Sur inflorescences mâles de maïs.

Bien que l'hypothèse d'un développement larvaire de l'Alucite sur l'inflorescence mâle du maïs puisse être considérée comme improbable, il nous a paru intéressant de lever ce doute. Dans ce but, la même technique que celle décrite plus haut a été utilisée.

Les infestations témoins sur épis de maïs furent réussies (de 55 à 200 adultes par lot). En revanche, aucun développement n'a été constaté sur inflorescence mâle.

Ainsi, on peut affirmer qu'avant le stade floraison femelle du maïs, aucun développement de l'Alucite n'est possible sur un autre organe de la plante-hôte, ce qui tend à préciser l'hypothèse d'une plante-hôte relai avant l'épi de maïs pour assurer la survie de la descendance de la génération hivernante.

B. — Confirmation de la présence de *Sitotroga cerealella* sur la « plante-hôte relai » : blé aux périodes présumées par piégeage sexuel permanent

Au cours de l'année 1970, deux pièges sexuels à eau et à glu, du type classique (STOCKEL, 1971) furent installés en Gironde, à partir du début mai, l'un au milieu d'un champ de blé d'hiver et l'autre au milieu d'un champ fraîchement ensemencé en maïs.

Les relevés ont été réalisés aux mêmes dates et suivant la même technique que celle utilisée pour l'étude des générations dans la nature. La figure 3 représente l'évolution des captures des mâles parallèlement dans les parcelles de blé (récolté le 10 juillet) et de maïs (récolté le 27 octobre) au cours de la période d'activité de l'Insecte.

Ce diagramme met en évidence la supériorité de l'attractivité du Blé en voie de maturité, pour l'Alucite, par rapport au Maïs en fin de stade cornet.

L'intervalle d'un mois existant entre les stades attractifs des deux plantes explique l'inversion du taux de captures des mâles entre les deux types de pièges au cours de l'été. Par ailleurs, les trois générations déjà définies dans la figure 1 se retrouvent bien, mais avec des effectifs de captures plus élevés du fait de la présence des plantes-hôtes.

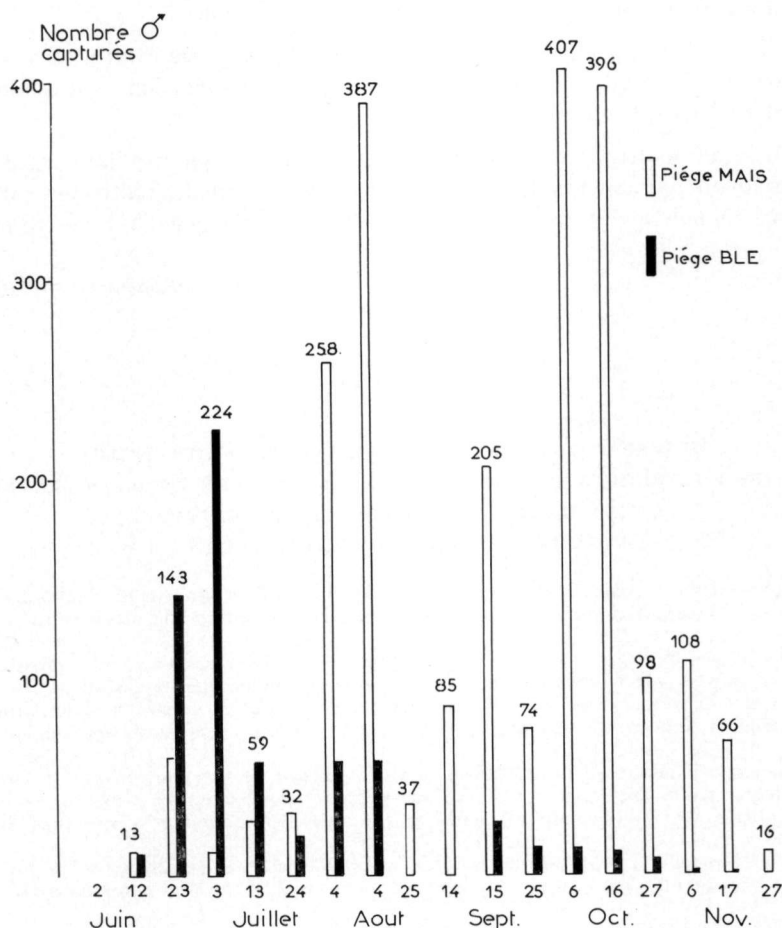


FIG. 3. — Piégeage sexuel permanent comparé sur blé et sur maïs pour l'année 1970

CONCLUSIONS — DISCUSSION

1° Le nombre de générations de *S. cerealella* obtenu par voie expérimentale et confirmé par piégeage sexuel est au maximum de trois dans la nature en Aquitaine : deux générations estivales de début juin à fin octobre et une génération hivernante d'octobre à juin, composée à la fois d'individus des première et deuxième générations.

2° Nos observations semblent mettre en évidence l'existence d'une constante

thermique comprise entre 550 et 750 degrés-jours et dont la valeur sera précisée dans des expériences en cours.

3° Grâce aux infestations artificielles et au piégeage sexuel, on a établi que le blé constitue une plante-hôte relai précédant le Maïs pour la première génération. Il est vraisemblable que d'autres graminées cultivées ou sauvages, et se développant aux mêmes périodes que le blé, puissent aussi assurer ce rôle.

4° La longévité des adultes dans la nature varie selon la température, le sexe et leur état sexuel. La fécondité des femelles des différentes générations paraît dépendre de la température moyenne.

5° Il serait souhaitable de déterminer les différentes plantes-hôtes susceptibles d'être les foyers permanents de l'espèce en absence de céréales cultivées et d'approfondir nos connaissances sur le type d'arrêt de développement de l'insecte pendant l'hiver.

Reçu pour publication en avril 1972.

SUMMARY

STUDIES BY INSECTARY REARING AND BY SEX TRAPPING OF THE LIFE HISTORY OF *SITOTROGA CEREALELLA* AND OF THE ROLE PLAYED BY THE MAIZE AND WHEAT CROPS IN AQUITAINE IN THE MAINTENANCE OF THE SPECIES

The present work concerns the determination of the greatest number of *Sitotroga cerealella* generations in nature and research of a host plant relay preceding the maize in the region of Aquitaine.

The employed method is founded on the comparison between insect activity in nature observed by sex trapping and results achieved in the insectarium by supervised rearing. The greatest number of generations is three, two estival generations G_1 and G_2 following one another from the beginning of June to the end of October and one wintering generation G_H from October to June.

These experiments tend to establish, for this insect, a thermic constant between 550 and 750 degree days. The longevity of the adults changes according to temperature, sex and sexual condition. Female fecundity depends on the average temperature during the ovipositing period.

By sex trapping and artificial infestation, it is established that wheat preceding maize constitutes an « host plant relay » in order to secure the survival of the first generation G_1 .

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Bestimmung der maximalen Zahl der Freilandgenerationen bei *Sitotroga cerealella*; es wird auch versucht eine in der Aquitaine Gegend (Süd-West Frankreich) dem Maïs vorausgehende Zwischenwirtspflanze zu bestimmen. Die angewandte Methode beruht auf dem Aktivitätsvergleich zwischen mit Sexualfallen im Freiland ermittelnden Populationen und zwischen jenen, die unter bestimmten Umständen im Insektarium gezüchtet wurden.

Höchstens drei Generationen kommen vor: zwei aufeinander folgende Sommergenerationen von Anfang Juni bis Ende Oktober, und eine überwinternde Generation (G_H) die von Oktober bis Juni währt.

Den Resultaten dieser Arbeit entsprechend scheint bei diesem Insekten eine thermische

Konstante vorhanden zu sein (Temperatursumme : 550°-750° Tag) deren Wert durch zusätzliche Versuche genauer bestimmt werden soll.

Die Lebensdauer der Imagines variiert jenach Temperatur, Geschlecht und Geschlechtstreifegrad. Die Fruchtbarkeit hängt vom Temperaturmittel während der Eiablagperiode ab.

Es wurde erwiesen, sowohl durch den Sexualfallenfang als durch Künstlichen Befall, dass der Weizen eine dem Mais vorangehende Zwischenwirtspflanze darstellt und somit das Überleben der G_1 sichert.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALACHOWSKY A. S., 1966. *Traité d'entomologie appliquée à l'agriculture*. Tome 2, 350-362, Masson, Paris.
- CARLE P., 1965. Essai d'analyse expérimentale des facteurs conditionnant la fécondité chez la Bruche du Haricot (*Acanthoscelides obtectus* SAY). *Ann. Épiph.*, **16**, 3, 215-249.
- CARVALHO J. P. D., 1963. Contribuição do método radiográfico para o estudo da *Sitotroga cerealella* OLIV. (Lepidoptera Gelechiidae). Estudos ensaios e documentos nº 109. *A Entomofauna dos produtos arma zenados*.
- HARUKAWA C., KUMASHIRO S., 1936. On *Sitotroga cerealella* OLIV. in Japan. *Nogakukankyu*, **26**, 426-448, *R. A. E.*, **24**, 697.
- KING J. L., 1918. Notes on the biology of the Angoumois grain moth (*Sitotroga cerealella* OLIV.). *J. Econ. Ent.*, **11**, 1, 87-93.
- KOONE H., 1952. Maturity of corn and life history of the Angoumois grain moth. *Kans. Ent. Soc. J.*, **25**, 103-105.
- MISSONNIER J., STENGEL M., 1966. Étude des facteurs de fécondité des adultes de *Chorophila brassicae* B., *Hylemyia antiqua* MEIG. et *Pegomyia betae* CURT. *Ann. Épiph.*, 1966, **17**, 1, 5-41.
- STOCKEL J., 1967. Problèmes posés par l'Alucite des Céréales dans le Sud-Ouest. *Rev. Zool. Agric. et appl.*, 4-6, 33-44.
- STOCKEL J., TURTAUT P., 1970. Technique d'élevage pour une obtention massive d'adultes vierges de l'Alucite des céréales *Sitotroga cerealella*, Lépidoptère Gelechiidae. *Phytoma*, **219**, 17-20.
- STOCKEL J., 1971. Utilisation du piégeage sexuel pour l'étude du déplacement de l'Alucite *Sitotroga cerealella* OLIV. (Lépidoptère Gelechiidae) vers les cultures de Maïs. *Ent. Ex. Appl.*, **14**, 39-56.
- ZAAZOU H., 1948. Oviposition of the bean weevil *Acanthoscelides obtectus*. *Bull. Soc. Fouad. 1er Entomol.*, **32**, 342-361.
-

ÉVOLUTION DU COUVAIN ET CYCLE ANNUEL
DE *CAMPONOTUS VAGUS* SCOP
(= *PUBESCENS* FABR.)
(HYMENOPTERA, FORMICIDAE)
DANS LA RÉGION D'ANTIBES

A. BENOIS

Station de Zoologie et de Lutte biologique,
Centre de Recherches, I. N. R. A.,
06 - Antibes

RÉSUMÉ

L'étude du cycle évolutif de *Camponotus vagus* SCOP. dans la nature fait apparaître les points suivants :

— Cette espèce, monogyne, a une ponte étalée d'avril à début septembre avec une interruption en juin.

— L'étude biométrique des stades larvaires indique la présence de 5 stades dont le premier seul représente le couvain pendant les six mois d'hibernation.

— La métamorphose nymphale s'effectue dans un cocon sécrété par la larve. L'édification et la rupture du cocon nécessitent l'aide des ouvrières.

— Les développements embryonnaire et post-embryonnaire durent trois mois au printemps et deux mois en été.

On obtient finalement trois populations d'ouvrières dont les stades se succèdent ou se superposent partiellement depuis le début avril jusqu'au début septembre.

— Les sexués ailés éclos au début de l'été à partir du couvain hibernant subsistent dans le nid ; le passage au froid pendant l'hiver est nécessaire à la maturation de leurs gonades.

— Au printemps suivant, l'envol des sexués pour l'essaimage dépend de facteurs climatiques, principalement une température suffisante de 22 à 24°C en même temps qu'une humidité relative de l'air supérieure à 70 p. 100.

— Une comparaison des cycles fait apparaître de nombreuses analogies avec d'autres espèces de *Camponotus*, des situations géographiques différentes pouvant expliquer certaines divergences.

I. — INTRODUCTION

Camponotus vagus SCOP. est une fourmi lignicole de basse altitude, fréquente dans le midi méditerranéen.

Plusieurs critères m'ont poussé à approfondir l'étude de cette espèce, en portant l'attention sur sa biologie et son éthologie.

1^o Cette fourmi a été très peu étudiée, notamment en ce qui concerne sa biologie, et les travaux sur les *Camponotus* de nos régions se rapportent surtout à d'autres espèces, principalement *C. herculeanus* L. et *C. ligniperda* LATR. (EIDMANN, 1928 ; GÖSSWALD, 1932 ; K. HOLLOBLER, 1951 ; B. HOLLOBLER, 1961 ; C. J. SANDER, 1964).

En ce qui concerne *C. vagus* SCOP., seuls certains aspects ont été abordés :

- A. KRAUSSE, 1913 : Étude des dégâts causés aux écorces d'arbres en Sardaigne.
- J. BONDROIT, 1918 : Description morphologique.
- B. PISARSKI, 1961 : Différenciation des larves de *Camponotus* polonais d'après la pilosité.
- R. STUMPER, 1962 : Étude de l'effet de groupe élémentaire des reines, en élevage artificiel.

2^o Cette espèce est assez fréquente en zone forestière dans le proche arrière-pays d'Antibes où elle se trouve en compétition avec d'autres espèces comme *Camponotus cruentatus* LATR. ou *Crematogaster scutellaris* OLIV.

3^o Son mode de nidification dans le bois mort, principalement les souches et troncs abattus de Pin d'Alep, permet une récolte des colonies même en période d'hibernation contrairement à la plupart des espèces terricoles.

Comme c'est le cas pour la majorité des Formicides, la fondation est du type *autonome* ou indépendant car la jeune femelle se passe de toute aide pour créer une nouvelle colonie.

L'étude des prélèvements et récoltes effectués dans la nature indique que cette espèce est *monogyne* : comme l'indique J. L. PRICER (1908) pour *C. herculeanus* L., on ne trouve généralement qu'une seule reine fertile par nid.

Des expériences de cohabitation de quelques reines fécondes en nids artificiels ont confirmé les résultats de R. STUMPER, (1962) à savoir la possibilité d'une coexistence pacifique de ces femelles avec effet de groupe élémentaire sur la productivité.

Dans nos récoltes, un seul nid (N 3) renfermait deux reines désailées en présence dans une même colonie. De même, les résultats d'un autre prélèvement (N 5) laissent penser à une colonie polygyne vu le nombre d'œufs recueillis, bien que l'on n'ait trouvé qu'une seule reine.

Mais cette cohabitation de plusieurs reines est malgré tout très rare.

Le travail suivant a été réalisé dans le but de connaître les périodes d'apparition, le nombre et la répartition des différents stades depuis l'œuf jusqu'à l'imago.

II. — PROTOCOLE D'ÉTUDE

Dans le but de connaître l'évolution embryonnaire et post-embryonnaire des différentes castes de *Camponotus vagus* SCOP., plusieurs travaux complémentaires ont été réalisés :

A. — Une étude démographique sur le terrain

Dans ce but, nous avons récolté des colonies entières à intervalles réguliers, à raison de deux par mois durant deux années consécutives (1967-1968). Ce rythme a été maintenu même en période hivernale du fait de la concentration des nids dans les troncs épigés, ce qui les rend facilement accessibles en toute saison contrairement aux espèces terricoles.

Les résultats de ces récoltes ont été sériés, analysés et groupés mensuellement de façon à établir des comparaisons. Les récoltes réalisées la deuxième année, dans le même biotope, nous ont permis de diminuer les causes d'hétérogénéité et d'obtenir des moyennes plus représentatives.

De même, nous avons pu éclaircir certains points comme l'arrêt de ponte inexplicable en juin.

B. — Un complément d'étude biologique au laboratoire

Il nous a permis de connaître les modalités de ponte et la vitesse de développement des différents stades à certaines températures.

Remarque : pour faciliter l'interprétation, nous donnerons simultanément les résultats de ces deux types d'études.

C. — Une étude contrôlée de l'essaimage en cage

Elle a apporté des précisions sur les conditions d'envol des sexués ailés, au printemps. En effet, cette période importante du cycle, assurant la dissémination de l'espèce, est difficile à observer dans la nature du fait de son caractère fugace et très localisé.

III. — ÉVOLUTION DU COUVAIN

A. — Les œufs

I. Période de ponte.

1. 1. Ponte en fonction du temps.

Les œufs trouvés lors de chaque prélèvement ont été dénombrés et regroupés par mois. Le tableau 1 a, indique que la ponte se situe uniquement pendant la saison chaude, d'avril à fin août ; cette période de ponte est divisée en 2 :

- a) *une ponte printanière* : très importante, à la sortie d'hibernation avec maximum très accusé en avril et diminution lente en mai ;
- b) *une ponte estivale* : nettement plus faible, avec un nouveau maximum en juillet et décroissance progressive jusqu'au mois de septembre.

Un arrêt d'environ un mois sépare ces 2 périodes.

TABLEAU 1 a

Récolte des œufs en fonction du temps
(moyenne de 2 années de récolte)

J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
—	—	—	914,6	765	2,6	498,3	183,6	55	—	—	—

Ces résultats sont analogues à ceux trouvés par K. HOLDOBLER (1951) pour *Camponotus herculeanus* et *C. ligniperda*. Pour ces deux espèces, la ponte est scindée en 2 parties, la seconde conduisant à l'imago dans une faible proportion seulement.

Par contre C. J. SANDERS (1964) a trouvé une ponte continue de début juillet à début septembre pour *Camponotus herculeanus* L. dans le New Brunswick. Il est vrai que la période de ponte est beaucoup moins étalée et correspond à la ponte estivale seule de *C. vagus*.

Pendant l'hibernation de la colonie, l'activité de la reine est très ralentie comme celle des ouvrières. Cela se manifeste par un arrêt de ponte du début septembre jusqu'au mois d'avril de l'année suivante.

Cette interruption presque totale au mois de juin, malgré les conditions climatiques clémentes et une nourriture abondante, pouvait laisser penser à un prélèvement défectueux. Pour éviter une fausse interprétation, nous avons récolté plusieurs nids entiers au mois de juin de la seconde année et les résultats précédents ont été confirmés.

D'autre part, nous verrons plus loin (§B 4.5) dans l'analyse des différents stades larvaires que le 1^{er} stade n'est pas représenté en juin et devient au contraire, prépondérant en juillet.

Enfin, des femelles prélevées à mi-juin puis disséquées, n'avaient que très peu d'ovocytes dans leurs ovarioles ce qui explique cet arrêt de ponte. Il est possible que la reine soit épuisée physiologiquement après la ponte printanière importante, ce qui nécessiterait un arrêt pour la reconstitution de ses réserves et la formation de nouveaux ovocytes.

Il se peut également que les ressources de nourriture à cette époque de l'année soient insuffisantes pour faire face à tous les besoins de la colonie. En effet, cette époque d'arrêt de ponte correspond à l'apparition massive d'imagos de sexués et des ouvrières issues de larves ayant hiverné.

1. 2. *Ponte en fonction de l'importance de la colonie: (tabl. 1 b).*

TABLEAU 1 b
Importance de la ponte en fonction de l'effectif de la colonie

Date de récolte	N° du nid	Ouvrières	Mâles	Femelles	Oufs	Remarques
10-4	N 5	10 269	11	—	2 720	peut être nid polygyne sexués en nombre important
28-4	N 6	2 055	725	82	24	
29-5	N 7	4 235	3	2	765	
11-7	N 10	1 597	—	—	752	
26-7	N 11	1 082	1	1	240	
10-8	N 12	1 400	7	25	870	
	N 13	758	12	7	26	
12-9	N 14	843	75	52	220	
23-7	N 28	3 532	—	—	488	
	N 29	1 010	—	—	22	

L'observation de ce tableau fait apparaître une certaine corrélation entre l'importance des colonies et le nombre d'œufs. Une ponte moyenne de 750 œufs correspondant à une ponte journalière de 25 œufs est notée pour des colonies dont l'effectif en ouvrières est de l'ordre de 1 000 à 1 500.

Pour des colonies en pleine activité, l'alimentation de sexués ailés en grand nombre semble être au détriment de la ponte de la reine (nids N₆ et N₁₄).

Une étude de laboratoire sur l'influence de la nourriture sur la ponte de la reine a montré que l'apport de nourriture protidique abondante est très favorable : sa fécondité est multipliée par 3,7 par rapport à celle obtenue avec une nourriture simplement glucidique.

2. Délai de ponte.

Lorsqu'une femelle pondeuse est prélevée dans une colonie active, pendant la période estivale, et mise en nid artificiel, le délai de ponte est d'une semaine (extrêmes 2-10 jours).

3. Rythme de ponte et fécondité.

Nous avons vu (A 1) que la ponte suit un cycle saisonnier. Elle est nulle pendant l'hibernation et en juin. Mais, pendant la période de pleine activité, la ponte n'est pas continue et régulière. Pour une jeune femelle fondatrice, la première ponte est habituellement assez faible (8 à 12 œufs) à raison de 2 à 3 œufs par jour, suivie d'une période de repos. Dans une colonie en pleine expansion, la ponte journalière est nettement plus élevée (25 à 30 œufs par jour) avec un maximum de 36 œufs par jour obtenu en laboratoire à 22°C.

KRISHNIA AYYAR (1935) a obtenu une ponte de 27 à 34 œufs avec une moyenne de 31 œufs par jour pour l'espèce *Camponotus compressus* LATR. en Inde. Que la ponte journalière soit élevée ou faible, elle ne dure que quelques jours, suivis d'une interruption, puis d'une reprise et ainsi de suite. On obtient ainsi une succession de périodes de ponte séparées par quelques jours de repos, ce que TOROSSIAN (1966) qualifie de « vagues de ponte ». Ces vagues de ponte sont de durée variable (1 à 8 jours) et séparées par des temps de repos plus ou moins longs (5 à 27 jours).

Nous avons pu constater comme c'est le cas pour *Plagiolepis pygmaea* (PASSERA, 1962), que ces arrêts sont plus fréquents et plus longs en fin de ponte ainsi qu'en automne, lorsque la température extérieure diminue.

4. Dimension des œufs.

Dans le but de connaître les dimensions moyennes des œufs et de savoir s'il y avait une seule catégorie ou plusieurs, nous avons prélevé au hasard 100 œufs dans chaque récolte mensuelle. Ils ont été mesurés au grossissement 50 à une division micrométrique près (soit 19,6 μ). Le total des résultats portant sur 650 mesures, réparties entre avril et septembre, indique que :

— la longueur des œufs est comprise entre 0,90 mm et 1,70 mm avec un maximum très net pour 1,10 mm ;

— la majorité a une longueur comprise entre 0,96 mm et 1,54 mm ;

— leur largeur varie peu ; elle est voisine de 0,68 mm ;

— le polygone de fréquence de la longueur des œufs récoltés en une année ne présente qu'un seul sommet net. Il n'y a donc morphologiquement qu'un seul type d'œuf chez *Camponotus vagus*.

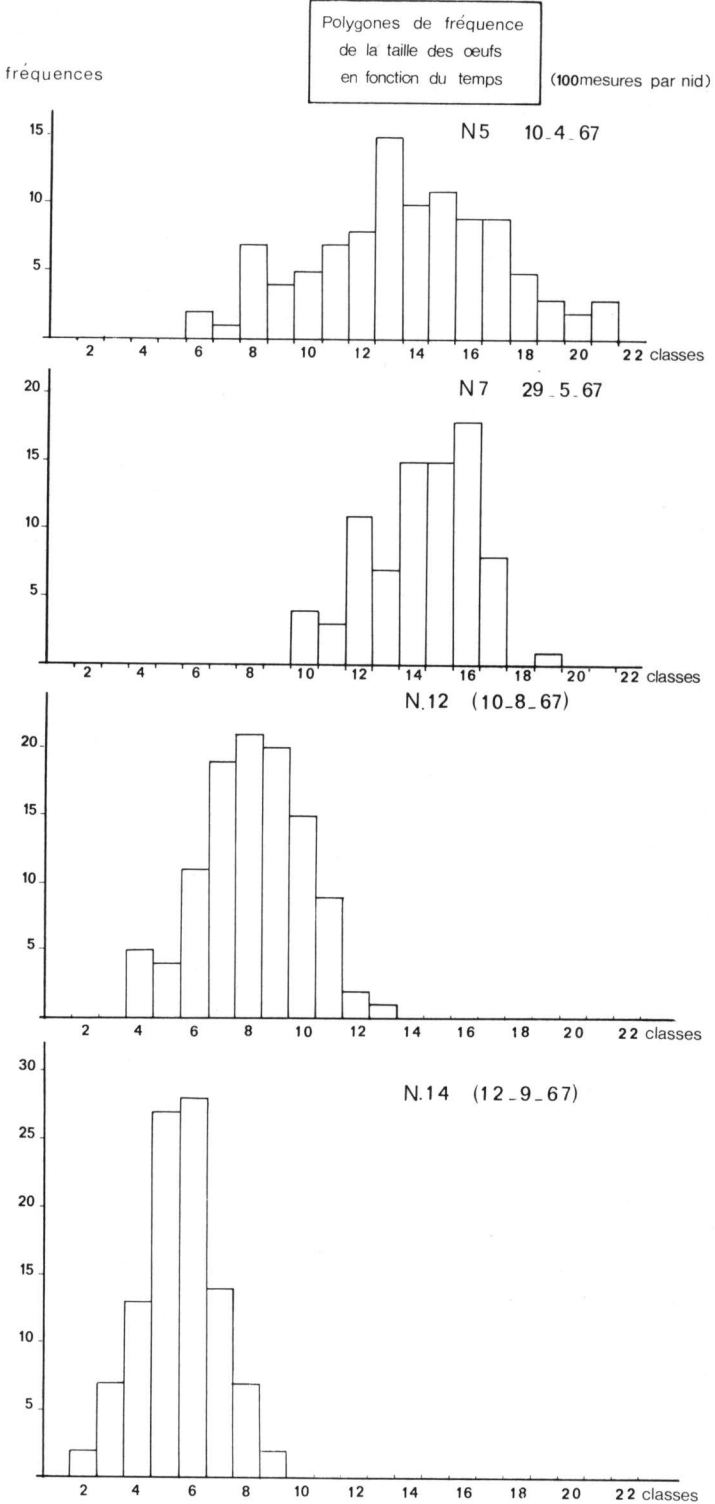


FIG. 1. — Polygones mensuels de fréquence de la taille des œufs

Ce résultat a été confirmé en effectuant une série de rapports $R = \frac{L \text{ (longueur)}}{l \text{ (largeur)}}$

Entre les tailles extrêmes, une analyse plus fine des *polygones mensuels* de fréquence de la longueur des œufs nous indique les fluctuations que l'on peut enregistrer (fig. 1).

L'observation des *polygones mensuels* montre que :

a) l'étalement maximum, est obtenu en début de ponte, au mois d'avril (N₅) de la classe 6 (1,10 mm) à la classe 21 (1,71 mm) avec un maximum pour la classe 13 (1,37 mm) ; les œufs ont donc une taille assez hétérogène et sont, dans leur ensemble, d'une dimension supérieure à la moyenne.

b) En mai (nid n° 7), les valeurs extrêmes sont plus rapprochées : classe 10 (1,26 mm) à classe 20 (1,66 mm) mais le maximum reste plus élevé que la moyenne : classe 16 (1,49 mm).

c) En juillet et en août (nid n° 12), l'étalement des tailles est faible : classe 4 (1,03 mm) à classe 13 (1,38 mm) avec un maximum pour la classe 8 (1,18 mm) correspondant à la moyenne générale.

d) En septembre (nid n° 14), le polygone se situe entre la classe 2 (0,94 mm) et la classe 9 (1,22 mm) avec un maximum décalé vers les petites tailles : classe 6 (1,10 mm). Les œufs pondus juste avant l'hibernation ont une taille inférieure à la moyenne.

La longueur des œufs est plus grande, en moyenne, pendant le premier cycle de ponte qui a lieu en avril-mai. Elle est la plus faible en septembre, à la fin de la ponte estivale, pendant la période de demi-activité automnale. Ces différences de tailles ne semblent pas en rapport avec le déterminisme des castes.

Remarque : Ponte des ouvrières.

Comme c'est le cas pour de nombreuses espèces, et en particulier pour *Camponotus ligniperda* LATR. (K. BIER, 1953) les ouvrières de *Camponotus vagus* SCOP. ne pondent que dans les colonies orphelinées (absence ou éloignement de la reine). Ce sont principalement les ouvrières major qui sont capables de pondre en l'absence de l'influence inhibitrice de la reine.

Les mesures de ces œufs ne font pas apparaître de différences significatives avec ceux pondus par la femelle comme c'est le cas pour *Dolichoderus quadri-punctatus*, *Lasius niger*, *Oecophylla longinoda* ou *Plagiolepis pygmaea*.

L'évolution de ces œufs non fécondés n'a fourni que des mâles dans quelques cas favorables, ce qui est en accord avec les résultats de miss FIELDE (1905) sur des espèces voisines : *Camponotus pictus* et *C. pennsylvanicus*.

Mais, dans plusieurs élevages artificiels, l'oophagie importante de la part des ouvrières n'a pas permis d'aboutir à l'évolution complète ; ces œufs pourraient donc avoir également un rôle trophique.

B. — Les larves

Elles sont translucides au premier stade, puis d'un blanc laiteux. L'ensemble du corps des larves est recouvert de poils, de formes et de localisation diverses, très abondants chez les jeunes larves et devenant plus rares et espacés chez les larves âgées.

Ces seuls critères morphologiques sont insuffisants et trop fluctuants pour permettre à eux seuls une identification précise des stades larvaires. C'est pour cette raison que la différenciation repose sur des données biométriques.

1. *Méthode d'étude des stades larvaires.*

Il n'est pas possible de suivre régulièrement l'évolution d'un nid élevé au laboratoire en mesurant des larves vivantes et en les réintroduisant ensuite, pour de multiples raisons :

- les larves sont amassées par paquets et il est difficile de les soustraire aux ouvrières sans l'action perturbatrice du gaz carbonique ;
- du fait du groupement, on ne peut suivre l'évolution d'une larve donnée, indépendamment des autres ;
- leur fragilité et leur forme arquée ne permettent pas des mesures approfondies et précises ;
- lors d'une mue, l'exuvie est aussitôt dévorée ou évacuée par les ouvrières soigneuses.

Du fait de ces difficultés, nous avons eu recours à la *méthode biométrique sur des larves mortes*.

Tous les quinze jours, 400 larves sont prélevées au hasard dans le couvain d'une récolte. Les petites sont mesurées au grossissement 25 à une division micrométrique près ($40\ \mu$) et les grandes au grossissement 6 ($160\ \mu$).

Pour éviter les erreurs dues à la courbure plus ou moins accentuée des larves en fonction du stade et de l'état de réplétion, celles-ci ont été placées entre lames et lamelles et mesurées en position rectiligne, la partie céphalique dans le prolongement du corps.

Les larves de sexués, indistinctes de celles d'ouvrières, ont été mesurées dans les mêmes lots. Mais nous verrons par la suite que les sexués ne constituent qu'un faible pourcentage par rapport à celui des ouvrières, aussi leur influence est pratiquement négligeable. Leur présence expliquera cependant certains petits décrochements entre les sommets caractéristiques des stades larvaires.

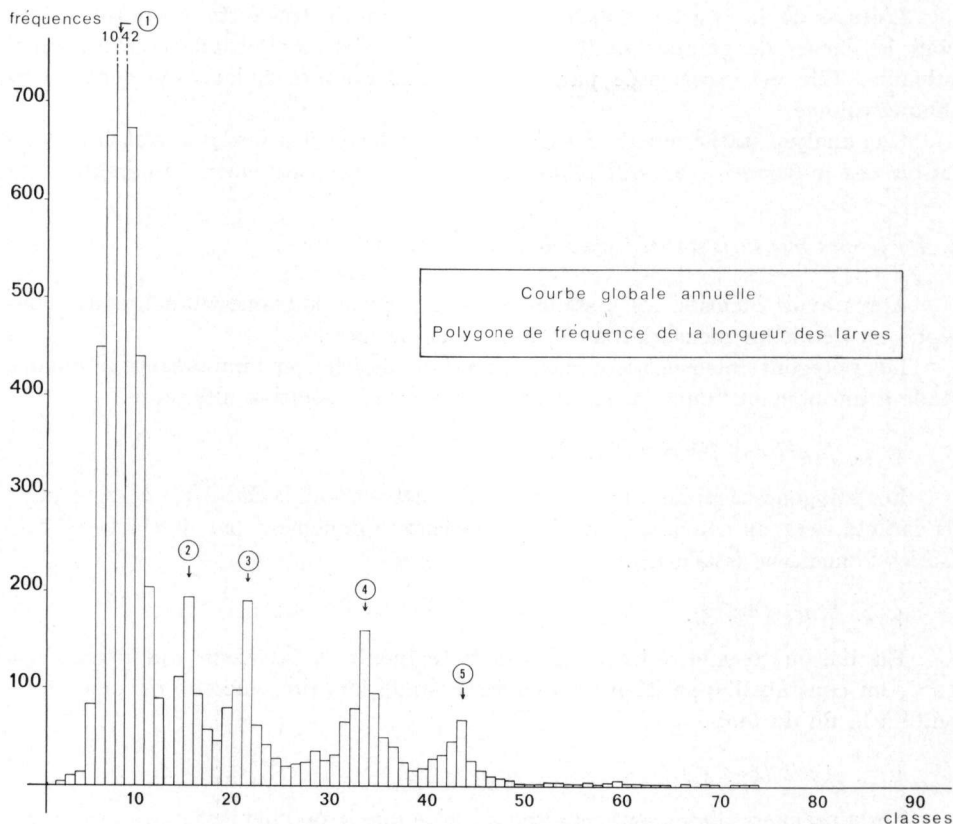
2. *Récolte des larves en fonction du temps.*

Le recensement des larves réalisé au cours de l'analyse complète des colonies durant deux années consécutives indique leur présence en permanence dans le couvain, tout au long de l'année.

Malgré l'hétérogénéité des résultats due aux colonies d'effectif différent, on distingue deux maxima très nets : en mai et en décembre. Celui de mai correspond au maximum de ponte d'avril avec un décalage d'environ un mois. Le maximum de décembre est dû au stockage des larves au stade L_1 comme l'indiquent les mensurations effectuées pendant l'hibernation.

3. *Polygone annuel de fréquence de la taille des larves.*

La synthèse de tous les résultats de mensurations de larves récoltées en une année a permis de constituer le polygone annuel de fréquence (fig. 2).

FIG. 2. — *Polygone annuel de fréquence de la longueur des larves*

L'observation de ce polygone fait apparaître 5 sommets distincts qui caractérisent les 5 stades larvaires comme nous le montrera l'analyse détaillée :

S₁ : classe 8 (2,20-2,34 mm)

S₂ : classe 15 (3,25-3,39 mm)

S₃ : classe 21 (4,15-4,29 mm)

S₄ : classe 33 (5,95-6,09 mm)

S₅ : classe 43 (7,45-7,59 mm)

— au premier sommet caractérisant le premier stade larvaire, correspond une fréquence élevée (1 042 larves) ;

— dès le second maximum (classe 15), on note une décroissance très rapide (194 larves) qui caractérise la disparition importante de larves du premier stade. Nous verrons qu'une grande partie de ces larves a hiberné. Des conditions climatiques rigoureuses pendant l'hiver, peuvent entraîner la mort d'une proportion importante de ces larves. D'autre part, des observations au laboratoire ont montré qu'en plus de l'oophagie pratiquée par les ouvrières, une partie des jeunes larves est également dévorée ;

— la fréquence diminue très peu pour le troisième sommet (190 larves) et passe respectivement à 159 et 68 pour les sommets 4 et 5.

L'étude de la courbe globale annuelle indique la très forte mortalité surtout pour les larves de premier stade. Cette mortalité s'atténue ensuite pour les stades suivants. Elle est compensée par le très grand nombre de larves présentes dans chaque colonie.

Une analyse statistique de ces résultats a été faite en utilisant le test de comparaison des moyennes : les différents stades sont significativement différents.

4. Polygones mensuels de fréquence de la longueur des larves.

Après avoir identifié les 5 stades larvaires, sur le polygone annuel, nous avons repris en détail les mensurations réalisées chaque mois.

Les polygones mensuels obtenus permettent de dégager l'importance de chaque stade à un moment donné et de mieux comprendre l'évolution ultérieure.

4. 1. Janvier et Février (fig. 3).

Les polygones ne présentent qu'un seul sommet net pour la classe 8 (2,20-2,34 mm) ; ils caractérisent un couvain homogène représenté uniquement par des larves de très faibles dimensions (stade L_1).

4. 2. Mars (fig. 3).

En liaison avec le réchauffement de la température extérieure qui atteint 11 à 12°C, on constate l'apparition du deuxième stade larvaire, encore très peu représenté à la fin du mois.

4. 3. Avril (fig. 4).

Les 3 premiers stades sont représentés. Bien que le premier soit toujours prépondérant, sa fréquence a diminué au profit des deux suivants.

Le deuxième stade, classe 15 (3,25-3,39 mm) est formé de larves à peine plus grosses que les précédentes et provenant de formes L_1 qui ont hiberné.

Cette apparition précoce de larves plus évoluées est en accord avec l'hypothèse d'EIDMANN (1928) confirmée par la suite par GÖSSWALD (1932) et HOELLDÖBLER (1961) : on trouve des larves hivernantes qui chevauchent avec la population printanière.

Pour *Camponotus herculeanus*, C. J. SANDERS (1964) a montré de même la présence de larves hivernantes. Mais, dans ce cas, deux stades sont présents alors que l'espèce *C. pennsylvanicus* ne possède qu'un seul stade hivernant comme *C. vagus*.

Les larves de 3^e stade apparaissent fin avril et sont encore en petit nombre.

4. 4. Mai (fig. 4).

Sur le polygone de fréquence, on distingue 4 sommets correspondant aux 4 premiers stades larvaires. Contrairement aux récoltes d'avril, le premier est peu représenté du fait de l'évolution en 2^e et 3^e stade. Le 4^e sommet, classe 33 (5,95-6,09 mm) est à peine plus important que le premier stade.

On constate deux légères indentations entre les stades 3 et 4 (classe 26 et 28) ; elles correspondent vraisemblablement à des larves de sexués minoritaires ayant une taille intermédiaire.

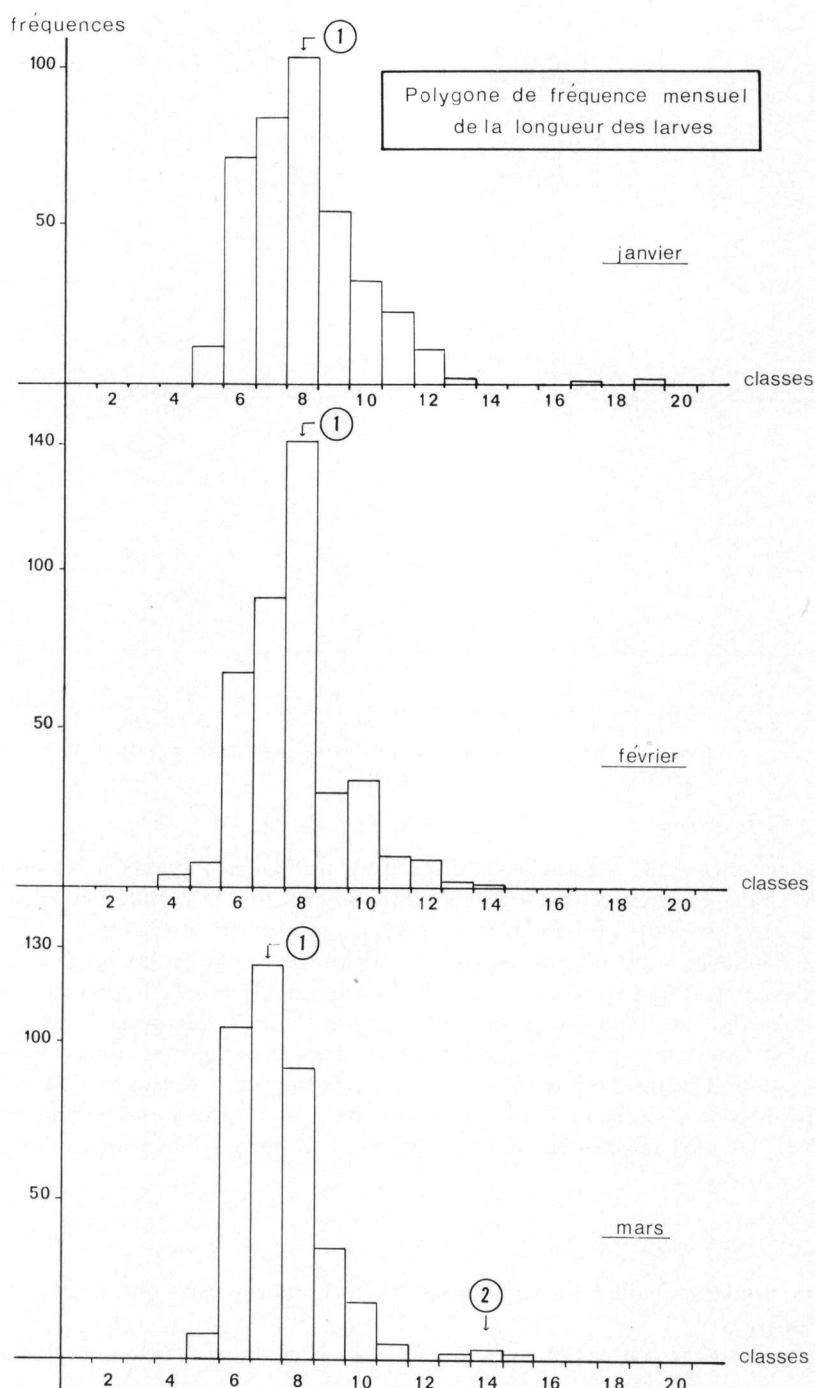


FIG. 3. — Polygone mensuel de fréquence de la longueur des larves
Janvier-Février-Mars

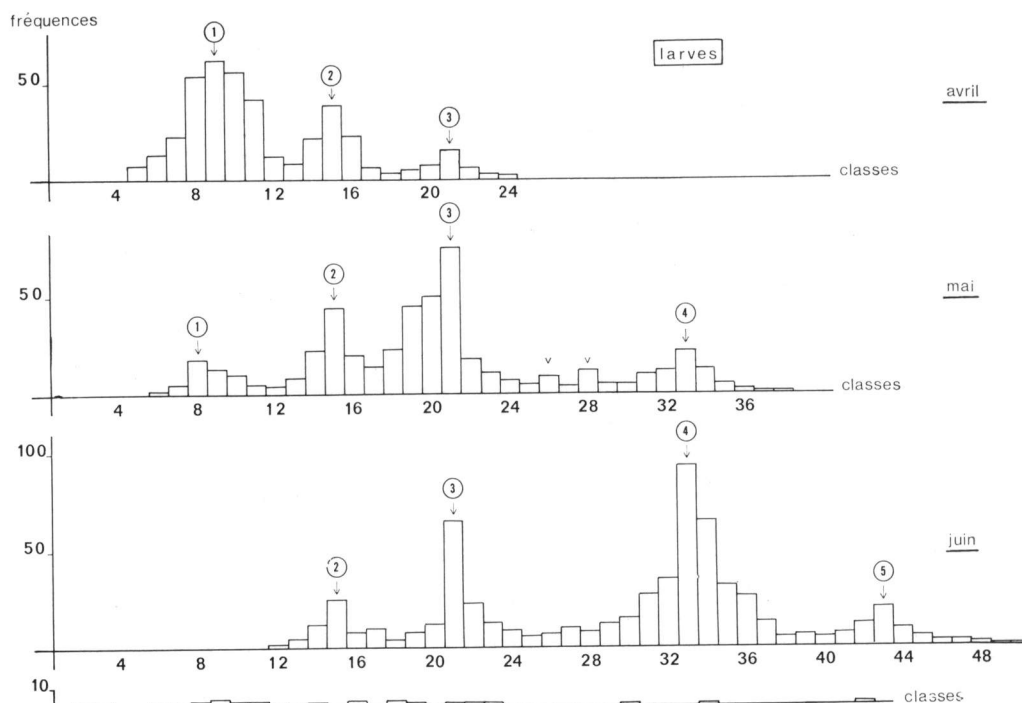


FIG. 4. — Polygone mensuel de fréquence de la longueur des larves
Avril-Mai-Juin

4. 5. Juin (fig. 4).

Le premier stade a totalement disparu au profit des suivants. L'absence de ce premier stade en juin, confirme les résultats acquis lors de l'étude des œufs. Il y a bien un arrêt de ponte en juin entre les périodes printanière et estivale.

Le deuxième stade est peu représenté car les larves ont évolué en 3^e et 4^e stades et il n'est pas « approvisionné » du fait du manque de larves de premier stade. Le 3^e stade reste assez important mais c'est le 4^e qui est le plus représenté.

Le 5^e stade, avec un maximum pour la classe 43 (7,45-7,59 mm) représente le dernier stade larvaire d'ouvrières de la 1^{re} population (♀ 1) ainsi que d'ouvrières de la 3^e population (♀ 3) et de sexués, issus de larves de 1^{er} stade qui ont hiberné.

Dans les nids récoltés en juin, on rencontre de jeunes imagos d'ouvrières et de sexués.

4. 6. Juillet (fig. 5).

On trouve en juillet les 4 premiers stades larvaires alors que le 5^e a pratiquement disparu.

Le « trou de ponte » observé en juin est suivi d'une reprise importante début juillet.

Du fait des températures élevées, l'évolution est plus rapide (deux mois au lieu de trois), ce qui se traduit par l'abondance des larves des deux premiers stades.

Les larves de 4^e stade rencontrées à la fin du mois, résultent de stades antérieurs (en juin) qui ont évolué.

Elles peuvent provenir également de larves issues d'œufs pondus début juillet, c'est-à-dire de la deuxième population d'ouvrières.

Le 5^e stade n'est plus représenté car les larves se sont nymphosées. Nous verrons dans le paragraphe suivant que les pré-nymphes se rencontrent principalement en juin et juillet.

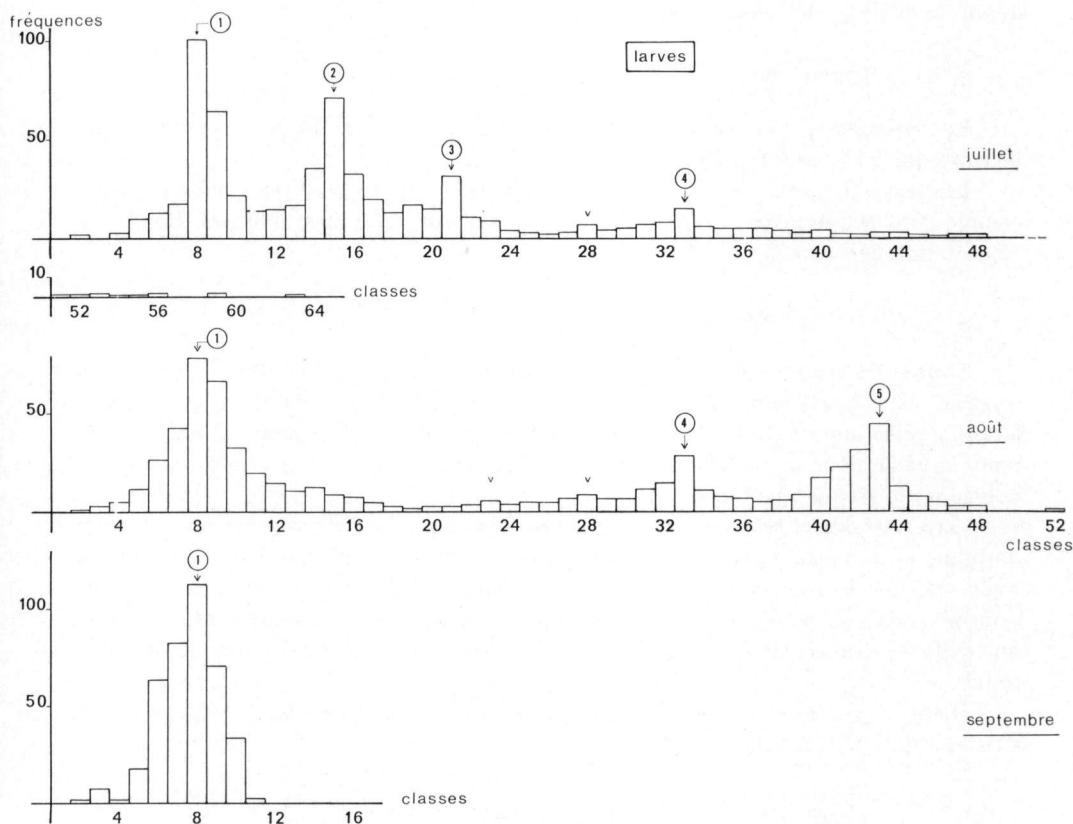


FIG. 5. — Polygone mensuel de fréquence de la longueur des larves
Juillet-Août-Septembre

4. 7. Août (fig. 5).

Le premier stade domine toujours car les œufs pondus en juillet continuent à éclore.

Mais ces larves ne vont pas évoluer aussitôt : elles passeront l'hiver à l'état de vie ralentie, bloquées au 1^{er} stade. Le polygone de fréquence du mois d'août montre très nettement cette disjonction dans l'évolution des populations car le 2^e et 3^e stade ne sont pas représentés.

Il ne semble pas que ce ralentissement d'évolution en août résulte d'un refroidissement.

dissement par rapport à juillet. En effet, la moyenne des températures passe de 23,7°C à 23,2°C et la moyenne des températures minimales (19,5°C en août) est bien supérieure au seuil d'évolution des larves. Il peut paraître aberrant que les larves n'évo-luent pas malgré ces températures élevées.

Il est probable que la photopériode ou l'alimentation plus faible du fait de la disparition d'Homoptères puissent induire une diapause au premier stade larvaire. Les stades 4 et 5 sont encore bien représentés : ils correspondent aux derniers stades larvaires des ouvrières de la deuxième population (♀ 2) qui aboutiront aux imagos avant la période de demi-activité automnale.

4. 8. *Septembre* (fig. 5).

Les éclosions de la ponte estivale se poursuivent et alimentent le premier stade larvaire qui est le seul représenté.

Les larves L_4 et L_5 se sont nymphosées ou bien ont été dévorées par les ouvrières comme c'est le cas pour *C. ligniperda* et pour certains Vespides (Guêpes, Bourdons) dès les premiers froids.

4. 9. *De mi-septembre à mi-mars*.

Toutes les récoltes présentent une grande similitude : les polygones ont un seul sommet pour la classe 8 (2,20-2,34 mm) caractérisant la présence d'un seul type de larves : celles de 1^{er} stade, issues de la ponte estivale (juillet et août). C'est la raison pour laquelle nous avons fusionné les résultats des récoltes de ces 6 mois en un seul polygone de fréquence (fig. 6).

Cette période d'*hibernation* de la colonie est donc caractérisée par un « couvain dormant » uniquement représenté par le premier stade larvaire, à évolution lente ou nulle. Lorsque la température moyenne extérieure est voisine de 8°C, les ouvrières sont peu actives. Elles fournissent les soins aux larves, principalement le léchage qui évite la dessiccation. Mais elles ne les nourrissent plus par échanges trophallac-tiques.

Deux hypothèses permettent d'expliquer ce blocage des larves au 1^{er} stade au cours de l'hibernation :

1^{re} hypothèse.

Le premier stade serait *le plus résistant* comme l'a montré B. HOELDOBLER (1961) pour *C. herculeanus*. Ce stade subsisterait seul pendant une période défavorable (basses températures, manque de nourriture, etc.).

2^e hypothèse.

Le premier stade, au contraire, serait *un stade critique* nécessitant une cer-taine alimentation et une température élevée pour pouvoir continuer son développe-ment.

Toute larve ayant doublé ce cap continuerait à évoluer alors que le développe-ment des très jeunes larves serait bloqué si ces conditions n'étaient pas remplies.

Ce ne sont que des hypothèses mais elles peuvent contribuer à expliquer l'homogénéité des résultats pendant cette période.

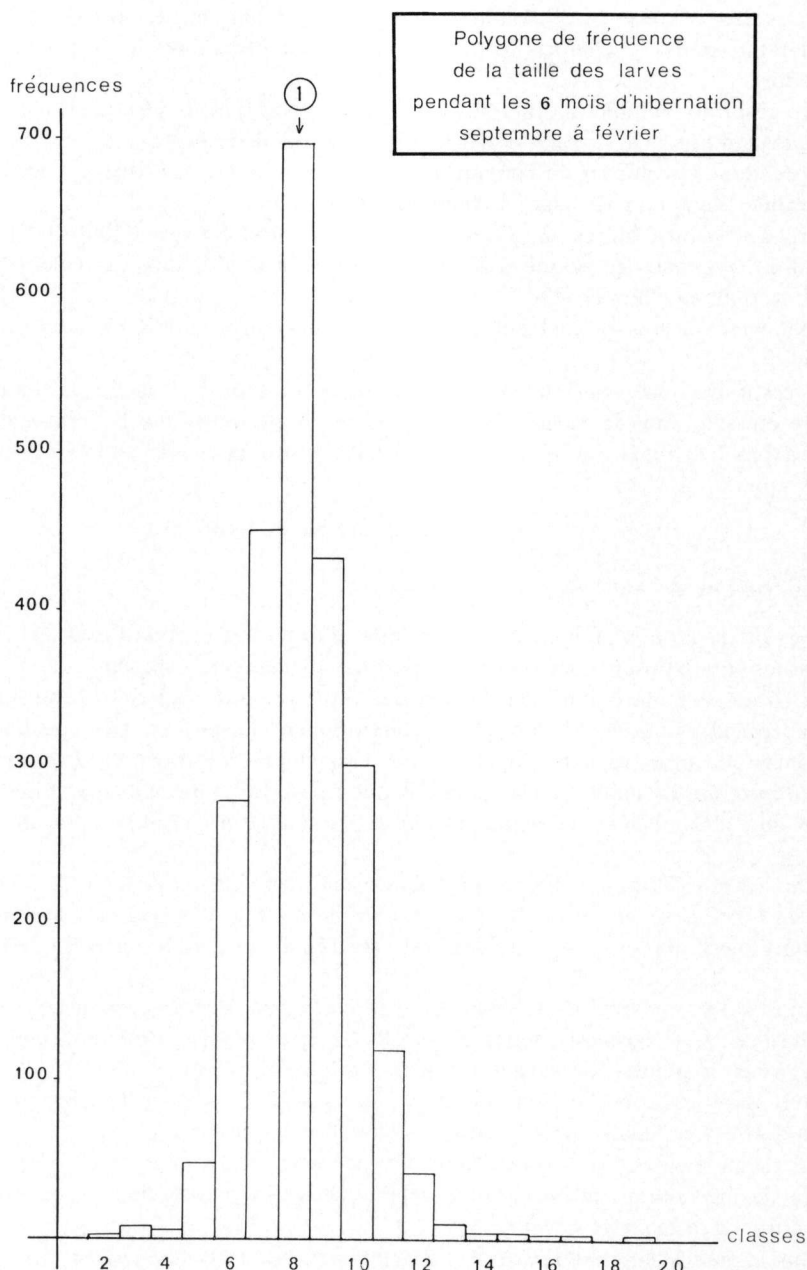


FIG. 6. — Polygone de fréquence de la longueur des larves pendant les 6 mois d'hibernation (septembre-février)

Pour essayer de mettre en évidence l'existence d'une diapause larvaire ou d'une simple quiescence, nous avons récolté des colonies en octobre-novembre et nous les avons gardées en laboratoire, en nid artificiel, à 21°C avec une nourriture abondante.

Dans ces conditions, le couvain continue à évoluer et les larves franchissent les différents stades y compris le premier. Ainsi, en décembre, les 3 premiers sont représentés.

Ces résultats semblent différents de ceux trouvés par B. HOELLDÖBLER, (1961) sur *C. herculeanus* et *C. ligniperda*. En effet, pour ces deux espèces, il ne note aucune différence dans l'évolution du couvain hivernant, si ce n'est une turgescence un peu plus grande, lorsqu'on les place à température élevée.

Or, des jeunes larves de *Camponotus vagus* récoltées au début de l'automne (septembre, première quinzaine d'octobre) et mises à 21°C comme les colonies précédentes, restent au premier stade.

Ces constatations permettent de supposer que l'on a une *diapause larvaire au 1^{er} stade*.

A cette diapause vraie succéderait une simple quiescence à la fin de l'automne. A cette époque, dans la nature, les températures sont telles que la reprise d'évolution n'a pas lieu mais une élévation artificielle de température au laboratoire peut la provoquer.

C. — *Les Cocons* (Pré-nymphes et nymphes)

1. *Modifications pendant la métamorphose.*

Lorsque la larve arrive en fin de 5^e stade, d'importantes modifications internes et externes se produisent : on observe le passage au *stade pré-nymphal*.

Ce stade caractéristique des Formicides est représenté par une forme intermédiaire entre la larve âgée et la nymphe. Extérieurement, l'aspect est très voisin de celui de la larve L₅ mais moins incurvé et avec l'enveloppe larvaire très distendue. Par transparence, on distingue les ébauches des antennes, des palpes labiaux et des pattes, repliées sur elles-mêmes. La segmentation de l'abdomen apparaît, mais reste incomplète.

Mais cette évolution s'effectue de façon cachée car, au moment de la métamorphose, la larve tisse un cocon brun-clair. Comme c'est le cas pour les *Ponerinae* et la plupart des *Camponotinae*, ce cocon est sécrété par les glandes labiales de la larve âgée.

Comme l'a montré LE MASNE (1953), la confection de ce cocon nécessite l'aide des ouvrières. Ces dernières déposent sur le corps des larves des matériaux variés qui serviront de points de fixation aux premiers fils du cocon.

Peu après ces modifications anatomiques, a lieu le rejet de la dernière exuvie larvaire qui est repoussée à l'extrémité postérieure du cocon.

En même temps, l'intestin s'ouvre à l'extérieur et il y a rejet d'un excrément unique : le méconium, qui forme une tache noire à l'extrémité anale et dorsalement. Cela permet d'orienter le cocon.

Puis, après le rejet de l'exuvie prénymphe, apparaît la *nymphe* qui présente extérieurement tous les caractères de l'imago, avec des organes bien différenciés et un étranglement pétiolaire.

Les derniers changements consistent en une pigmentation progressive depuis le blanc laiteux jusqu'au noir grisâtre, juste avant l'éclosion.

Les jeunes ouvrières n'éclosent pas sans l'aide des adultes. Seule la mince enveloppe nymphale est rompue individuellement. Parfois, les ouvrières ouvrent le cocon

trop tôt, lorsque la nymphe bouge. Dans ce cas les nymphes sont généralement dépecées. Les ouvrières prélèvent une partie des réserves et rejettent les enveloppes au milieu des déchets.

Expérimentalement, des nymphes mises à nu, au stade demi-pigmenté n'ont survécu que quelques heures, à 22°C. D'autres bien pigmentées sont mortes dans les 48 heures.

Par contre, des cocons isolés ont donné naissance à de jeunes ouvrières viables, sans l'aide des adultes. Malgré une forte mortalité constatée (de l'ordre de 90 p. 100), le jeune imago est donc capable, dans certaines circonstances d'effectuer seul sa mue imaginale et de rompre son cocon.

2. Récolte des cocons en fonction du temps.

On ne trouve des cocons dans les colonies de *C. vagus* que pendant les mois chauds.

Les moyennes mensuelles calculées sur 2 années consécutives donnent les résultats suivants :

Juin	666 cocons
Juillet	1 762 cocons
Août	760 cocons
Début sept.	180 cocons

Pour *C. herculeanus*, SANDERS (1964) a trouvé des cocons à peu près à la même époque : de juin à fin août.

3. Taille des cocons.

Ouvrières	5,28 à 12,80 mm
Mâles	7,52 à 11,04 mm
Femelles	11,20 à 12,64 mm

C'est-à-dire que les cocons de mâles ont une taille comparable à ceux d'ouvrières major ; seule l'ouverture des cocons permettra de les distinguer.

Les cocons de femelles, au contraire, se distinguent facilement des autres par leur taille nettement plus grande.

4. Pourcentage des pré-nymphes et nymphes dans les cocons en fonction du temps.

a) Les pré-nymphes.

A ce stade, on ne peut distinguer les pré-nymphes d'ouvrières de celles des mâles du fait du peu de différence de taille.

La figure 7 indique la présence de pré-nymphes en grand nombre au mois de juin, constituant plus de la moitié des cocons.

En juillet et août, le pourcentage diminue de près de la moitié et devient très faible au début de septembre.

b) Les nymphes d'ouvrières.

Du fait de l'évolution des pré-nymphes, les nymphes sont en nombre croissant de juin à septembre. Les dernières éclosions de l'année ont lieu peu avant l'entrée en hibernation.

Répartition mensuelle (en pourcentage)
des pré-nymphes et nymphes
en fonction du temps

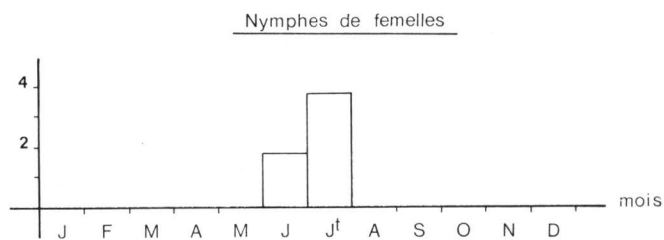
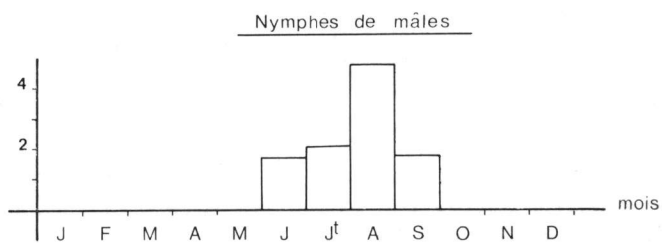
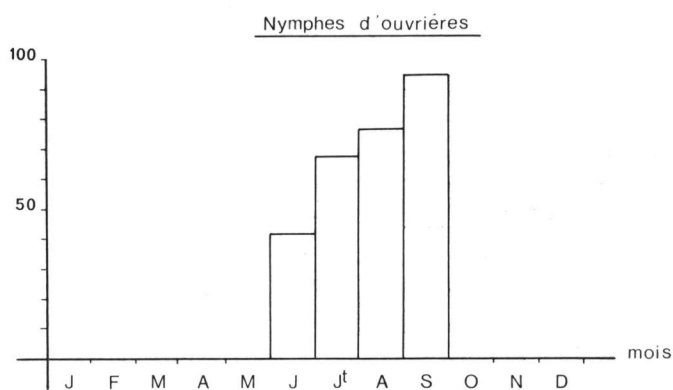
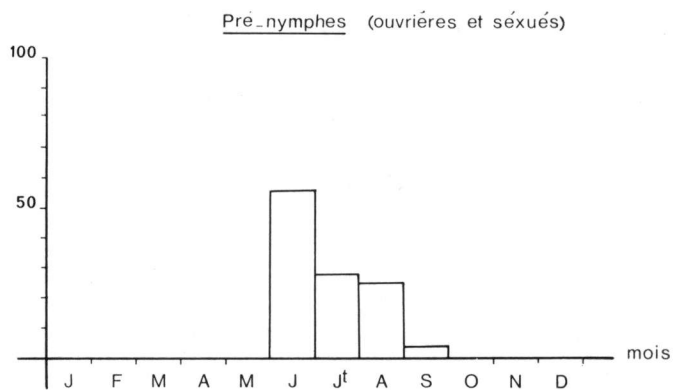


FIG. 7. — Pourcentage des pré-nymphes et nymphes en fonction du temps

c) *Les nymphes de sexués.*

Elle ne représentent qu'un faible pourcentage des nymphes, inférieur à 15 p. 100 et souvent voisin de 2 à 3 p. 100.

En dehors de la taille, la forme bossue du thorax et la présence de fourreaux alaires permettent de les distinguer facilement des nymphes d'ouvrières.

1. *Nymphes de mâles* (fig. 7).

On les rencontre de juin à septembre avec un maximum en août.

2. *Nymphes de femelles* (fig. 7).

On les trouve en petit nombre au mois de juin et le maximum se rencontre en juillet.

D. — *Durée du développement embryonnaire et post-embryonnaire*

L'incubation des œufs à 15°C dure près d'un mois, au début de la ponte printanière et s'effectue en 12 à 13 jours seulement en été (21-22°C).

De même, la nymphose qui demande en moyenne 24 jours (25 à 45 jours pour *C. herculeanus*), est considérablement accélérée par les températures élevées.

Par contre, la durée du développement larvaire est assez constante, voisine de 18 jours.

Le développement de l'œuf jusqu'à l'imago nécessite donc près de 3 mois pour les pontes printanières et deux mois seulement pour la deuxième population issue de la ponte estivale.

IV. — LE CYCLE BIOLOGIQUE DANS LA NATURE (Fig. 8)

L'étude de l'évolution annuelle du couvain dans la nature complétée par des résultats acquis au laboratoire met en évidence les faits suivants :

— la reine ne pond que durant la belle saison, d'avril à fin août. Cette ponte se subdivise en une *ponte printanière* et une *ponte estivale* après un mois d'interruption en juin.

Durant cette période de reproduction, le dépôt d'œufs (25 à 30 par jour en moyenne) n'est pas régulier ; il s'effectue sous forme de « vagues de ponte ».

— Les larves sont présentes dans le nid tout au long de l'année ; elles se répartissent en 5 *stades*, le premier étant le seul représenté pendant la période hivernale.

— Pendant la période de pleine activité, les différents stades sont plus ou moins représentés ; ils correspondent à l'évolution de 3 *populations d'ouvrières* qui se succèdent ou se superposent partiellement depuis le début avril jusqu'au début septembre.

Les œufs tardifs de la ponte estivale n'ont pas le temps d'évoluer directement jusqu'à l'imago. Seul le développement embryonnaire est réalisé et les larves de premier stade vont former le couvain dormant pendant la période d'hibernation. Au printemps suivant, une troisième population composée d'ouvrières et de sexués ailés

parviendra à l'état adulte à partir de fin avril. Ces sexués éclos en juin-juillet restent dans le nid jusqu'en mai-juin de l'année suivante, date à laquelle aura lieu l'essaimage. En effet, ils ne sont pas sexuellement mûrs au moment de l'éclosion et ils doivent passer plusieurs mois au froid pour arriver à la maturité sexuelle.

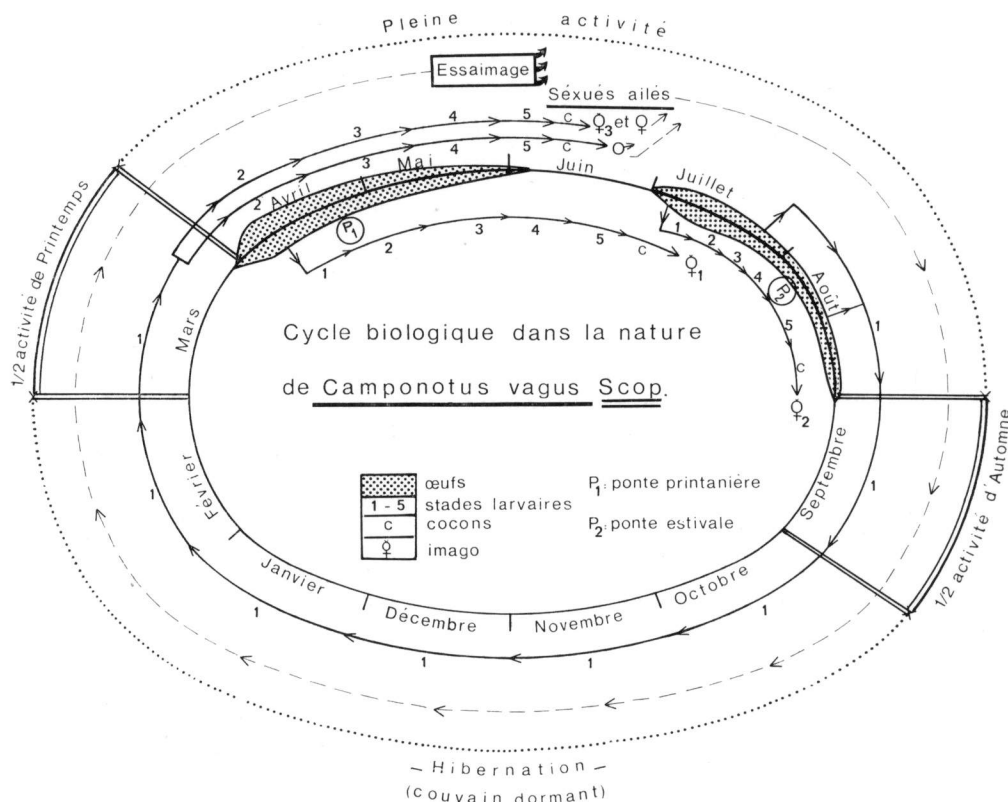


FIG. 8. — Cycle biologique dans la nature de *Camponotus vagus* Scop.

V. — CONDITIONS D'ESSAIMAGE

Lors des prélèvements mensuels effectués dans le bois de Valbonne, situé à 15 kilomètres en arrière-pays d'Antibes, nous avons eu l'occasion d'observer un vol nuptial de *C. vagus* le 28 avril 1967 et un second le 29 mai.

SANDERS (1964) avait constaté également que les sexués de *C. herculeanus* passaient l'hiver dans le nid même et le quittaient pour l'accouplement dans le courant de la deuxième quinzaine de mai. Pour *C. noveboracensis*, il a noté un début d'essaimage le 13 juin avec uniquement envol des mâles, celui des femelles ailées étant plus tardif, à partir de fin juin.

Pour avoir une idée plus précise de la date d'essaimage de *C. vagus* et connaître

les conditions climatiques qui le régissent, nous avons observé l'envol contrôlé des sexués d'une colonie en cage, en notant parallèlement les conditions climatiques durant cette période.

A. — Dispositif expérimental

Dans ce but une portion de tronc de Pin d'Alep contenant une colonie avec de nombreux sexués ailés a été récoltée en forêt, au mois d'octobre.

Cette colonie a été placée dans une cage ($H = 208$ cm, $L = 150$ cm, $l = 150$ cm), soit un peu plus de $4,5$ m³.

La cage étant située dans le jardin de la station, a été posée sur un bâti de plaques d'événite, enfoncées en terre à 50 cm de profondeur pour éviter les fuites par creusement.

Les parois et le toit de la cage étaient formés d'une toile de nylon à mailles fines, tendue sur des montants de bois, l'une des parois étant munie d'une porte pour permettre l'accès à l'intérieur.

La nourriture a été fournie dans des boîtes de Petri (grillon, sucre, eau...) et nous avons noté les conditions climatiques :

- sur le plan local (Antibes, Nice, Valbonne) ;
- au niveau de la cage, par des appareils enregistreurs : un thermo-hygromètre enregistreur, ainsi que des thermomètres placés au niveau du sol, de l'écorce et à un mètre au-dessus du sol.

Des contrôles de ces données climatiques ainsi que de l'activité des différentes castes ont été faits 4 fois par jour en temps normal (10 h, 12 h, 14 h, 16 h) et plus fréquemment au moment de l'activité des sexués.

B. — Résultats (fig. 9)

Bien que STUMPER (1962) ait indiqué que le vol nuptial de cette espèce pouvait s'effectuer entre avril et juin, nous n'avons noté aucune activité particulière des sexués en cage, en avril et mai 1968. Seules les ouvrières en quête de nourriture étaient actives à l'extérieur :

- le 4 juin, des mâles en grand nombre se trouvaient groupés sous l'écorce.
- le 5 juin, vers 9 h, l'activité générale de la colonie était importante avec de nombreux sexués (mâles et femelles) en vol ou grimpant sur les parois.
- le 6 juin, entre 9 h et 10, les sexués étaient plus abondants encore et certains sont restés actifs jusqu'à 16 heures.

Les jours suivants, les sorties ont été plus rares et avec une nette prédominance de mâles.

Malgré le volume déjà important de la cage, l'espace ainsi délimité était encore trop restreint pour permettre les parades et l'accouplement. Cependant, nous avons pu constater les mêmes manifestations au niveau du nid que celles rencontrées dans la nature le 25 mai. Nos données se limitent donc à l'activité générale de la colonie et aux conditions d'envol des sexués.

Une analyse précise des enregistrements et des données recueillies au moment de l'observation des essaimages en forêt nous a fourni quelques précisions sur les conditions externes favorables à l'essaimage. Au moment de l'envol, on notait :

une température enregistrée de 22 à 24°C,
une humidité relative de l'air de 70 p. 100.

Ces deux conditions climatiques semblent essentielles mais elles doivent être réalisées simultanément. C'est ce que l'on observe par beau temps, au printemps

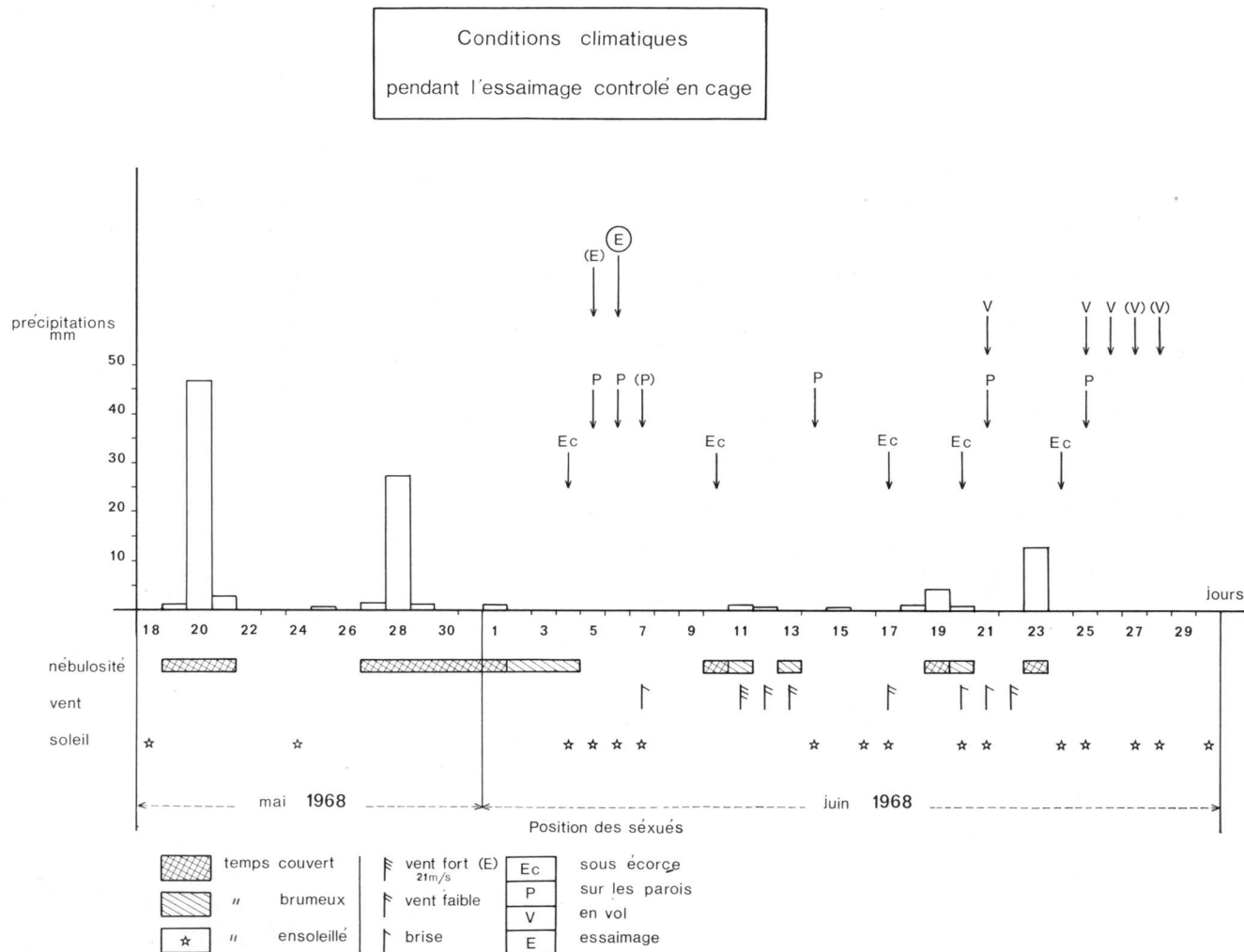


FIG. 9. — Relevé des conditions climatiques et de l'activité des sexués pendant l'essaimage contrôlé

lorsque la température s'est stabilisée au-dessus de 20°C et que l'humidité relative de l'air est élevée, à la suite d'une forte pluie.

Les résultats fournis les jours suivants, montrent qu'une seule de ces données est insuffisante :

— le 5 juin à 16 h, l'humidité relative était de 72 p. 100 mais la température de 16 à 17°C était insuffisante ;

— le 10 juin à 9 h, au contraire, la température de 22°C convenait mais l'humidité relative inférieure à 65 p. 100 était trop faible. Dans les deux cas, il n'y avait aucune manifestation extérieure des sexués.

Si ces conditions primordiales sont réalisées conjointement, la présence d'un vent fort (mistral) ou d'une pluie, empêche toute sortie des sexués.

L'ensoleillement joue un rôle dans la mesure où il facilite l'obtention de températures élevées, mais il n'est pas obligatoire au moment de l'essaimage : le vol peut avoir lieu même par temps couvert et orageux. De même, un léger vent ne gêne pas les sexués ; en sa présence, ils ont tendance à remonter contre le vent.

Au cours des différents relevés, nous n'avons pas observé d'activité extérieure des sexués, tôt le matin, ou à la tombée du jour comme c'est le cas pour *Camponotus compressus* (KRISHNIA AYYAR, 1935). Cela est peut-être dû à une température trop basse ou à une luminosité très faible. Le manque de luxmètre lors de cette expérience, nous a empêché de le vérifier.

Comme nous l'avons vu en étudiant le cycle annuel dans la nature, les sexués ailés restent dans le nid près d'un an entre le moment de leur émergence et celui du vol nuptial. Une étude de laboratoire et des dissections de sexués, récoltés à différentes périodes de l'année, ont montré que le passage au froid pendant l'hibernation est nécessaire pour la maturation des organes génitaux.

Au printemps suivant, les sexués sont aptes à quitter la colonie et à se reproduire. Les conditions d'envol sont alors des facteurs extrinsèques de nature climatique.

A la suite de ces travaux, il nous a paru intéressant de comparer ce cycle à celui d'autres espèces de familles et de biotopes différents.

VI. — DISCUSSION

COMPARAISON AVEC D'AUTRES CYCLES BIOLOGIQUES

En dehors des quelques espèces de *Camponotus* que nous avons pu comparer à *C. vagus*, nous avons choisi quatre espèces dont les cycles ont été étudiés dans la région de Toulouse. Seule, *Pheidole pallidula* a été observée dans différents biotopes partagés entre les influences océaniques et méditerranéennes (Castelnaudary-Carcassonne, observations à Banyuls).

<i>Dolichoderus quadripunctatus</i> L.	(TOROSSIAN, 1960)
<i>Leptothorax nylanderi</i> FORST.	(BUISSON, 1962)
<i>Plagiolepis pygmaea</i> LATR.	(PASSERA, 1962)
	(BOMPART, 1964)
<i>Pheidole pallidula</i> NYL.	(VINCENT, 1965)

Le tableau 2 met en évidence les caractéristiques principales de ces différents cycles biologiques.

A. — Périodes d'activité

Chaque espèce possède une période de pleine activité à la saison chaude et une période d'hibernation en hiver. Ces deux périodes sont séparées par une demi-activité de printemps et d'automne.

L'hibernation est plus ou moins longue suivant les espèces (3 à 5 mois). Pour une même espèce, comme le confirment les résultats sur *Pheidole pallidula*, le biotope peut avoir une influence du fait de l'action principale de la température. On constate une diminution de la durée d'hibernation en allant vers le sud, liée à un début plus tardif et à une fin plus précoce.

B. — Ponte des femelles

Elle a lieu uniquement pendant la période chaude (printemps-été) et s'étend sur 4 à 5 mois.

Seule *Leptothorax nylanderi* présente un début beaucoup plus précoce avec un maximum en janvier, ce qui indique une adaptation au froid.

Pour les autres espèces, le début de ponte se situe fin mars, début avril, correspondant à un décalage de un mois après la reprise d'activité de la colonie.

La ponte est continue pour *Dolichoderus quadripunctatus*, *Leptothorax nylanderi* et *Pheidole pallidula*. Par contre, elle présente une interruption pour *C. vagus* et *Plagiolepis pygmaea* (repos relatif en août et septembre) ce qui permet de distinguer une ponte printanière et estivale.

— Les maxima sont assez inégalement répartis, bien que celui de juillet se retrouve chez les différentes espèces comparées.

Enfin, *C. vagus* et *L. nylanderi* ne possèdent qu'un seul type d'œuf alors que les trois autres espèces en ont deux sortes distinctes dans le temps ; ceux pondus à la rupture d'hibernation étant généralement plus gros que ceux pondus plus tardivement.

C. — Couvain dormant

On distingue sous ce terme, le couvain qui subsiste dans le nid pendant l'hiver et dont l'évolution est lente ou nulle. *D. quadripunctatus* et *P. pallidula* ne possèdent aucun couvain pendant la période d'hibernation.

Pour *C. vagus* et *L. nylanderi*, seul le premier stade larvaire est représenté.

P. pygmaea, au contraire, possède un couvain dormant représenté par les deux premiers stades larvaires, le second étant prépondérant.

D. — Période d'essaimage

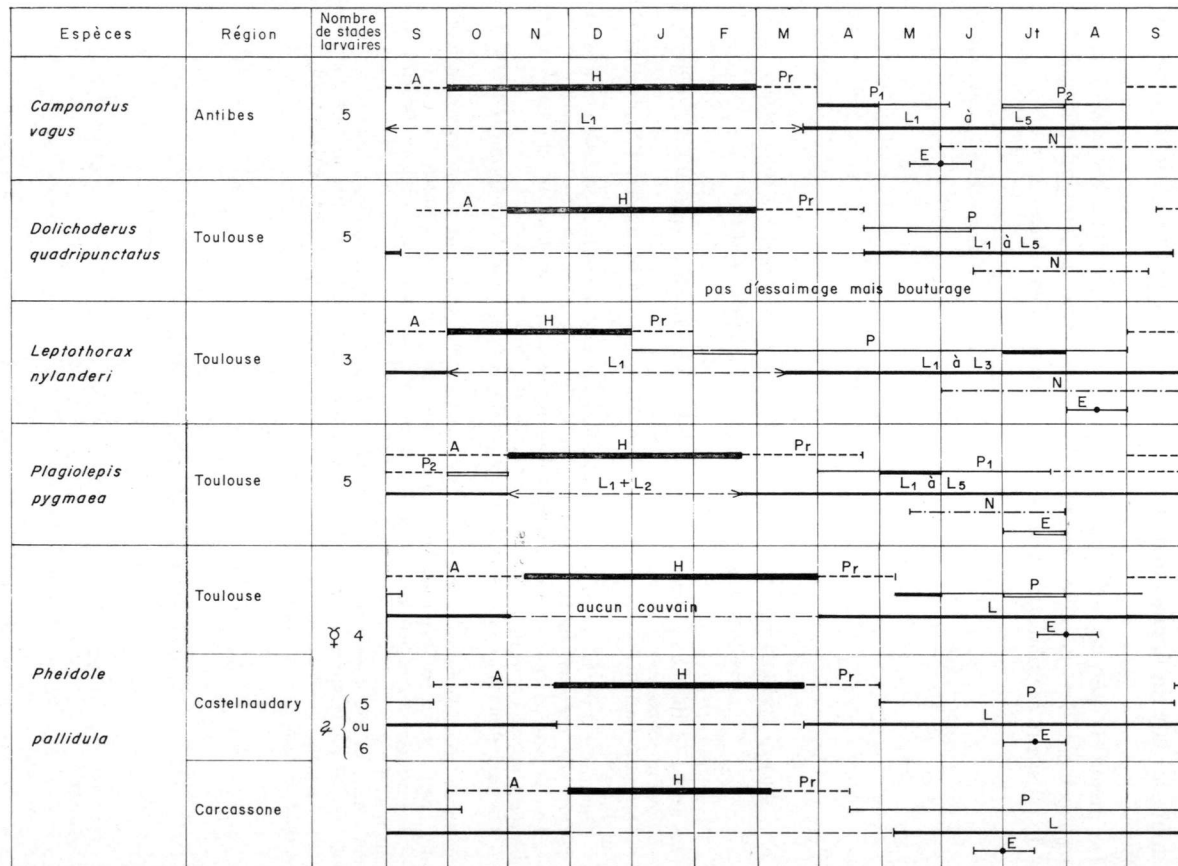
Elle se situe en juillet-août pour les espèces de la région toulousaine.

Pour *P. pallidula*, étudiée dans différents biotopes, l'essaimage est plus précoce à Carcassonne : mi-juin, mi-juillet.

Camponotus vagus essaime de mi-mai à fin juin dans notre région. Ce départ

TABLEAU 2

Comparaison des cycles de différentes espèces



H Hibernation
 A 1/2 activité d'automne
 Pr 1/2 activité de printemps

Ponte
 1^{er} maximum (le plus important)
 2^{ème} maximum

L₁ à L₅ Stades larvaires
 N Nymphe
 E Essaimage

précoce des sexués ailés est dû au climat particulièrement clément à cette époque qui permet d'obtenir les conditions favorables à l'envol.

La comparaison de ces différents cycles, nous indique que *Camponotus vagus* présente certaines caractéristiques méditerranéennes comme le début de ponte précoce ainsi que l'essaimage. Par contre, la durée d'hibernation est relativement longue, sans doute du fait du microclimat froid et humide des souches abritées par le couvert forestier.

De même, la période de ponte est limitée à 4 mois mais les colonies assurent le remplacement des individus morts et l'augmentation de leurs effectifs par la présence de plusieurs populations et la ponte importante des reines.

Reçu pour publication en avril 1972

SUMMARY

BROOD EVOLUTION AND LIFE CYCLE OF *CAMPONOTUS VAGUS* SCOP.

(= *PUBESCENS* FAB) IN THE ANTIBES REGION

This study of the *Camponotus vagus* SCOP. life cycle in their natural state of living leads to the following conclusions :

— The eggs are laid by the female between April and the beginning of September with a pause in June.

— The study of the larval stages by biometrical methods shows the succession of five stages, only the first one representing the life of the brood during the six months-hibernation.

— The pupate metamorphosis is performed inside a cocoon spun by the larva itself. But the building and the breaking of the cocoon require the help of workers.

— The period of embryonic, larval and pupal life is three months in spring and two in summer.

So, three generations of workers can be obtained the stages of which follow each other or partially overlap from the beginning of April to the beginning of September.

— The winged males and females hatched in early summer from a winter brood remain in the ants' nest.

They have to spend several months in the cold to get their genital organs mature.

On the following spring, the taking wind of the sexed forms for their mating flight will depend on climatic factors, mainly a sufficient temperature of 22-24°C (71,6-75,2°F) combined with a relative humidity of more than 70 p. 100.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BIER K., 1953. Vergleichende Untersuchungen zur Fertilität der Ameisenarbeiterinnen. *Zool. Anz.*, **150**, 282-288.
- BOMPART H., 1964. *Recherches préliminaires sur la biologie de Pheidole pallidula* NYL. D.E.S. Toulouse, 155 p. dactylographiées.
- BRIAN M. V., 1954. Studies of caste differentiation in *Myrmica rubra* L. I. The growth of queens and males. *Ins. Soc.* **1**, 2, 101-122.
- BRIAN M. V., 1955 a. 2. The growth of workers and intercastes. *Ins. Soc.*, **2**, 1-34.
- BRIAN M. V., 1955 b. 3. Larval dormancy, winter size and vernalization. *Ins. Soc.*, **2**, 85-114.
- BRIAN M. V., 1962. 5. Social conditions affecting early larval differentiation. *Ins. Soc.*, **9**, 295-310.
- BRIAN M. V., 1965. 8. Larval developmental sequences. *Ins. Soc.*, **12**, 4, 347-362.

- BUISSON M., 1961. *Morphologie et biologie de Leptothorax nylanderi*. D.E.S. Toulouse, 93 p. dactylographiées.
- CHAUVIN R., 1968. Données récentes sur la biologie et la physiologie des fourmis rousses. *Ann. Biol.*, **7**, 8, 429-473.
- EIDMANN H., 1928. Weitere Beobachtungen über die Koloniegründung einheimischer Ameisen. *Z. vgl. Physiol.*, **7**, 39-55.
- FIELDE A., 1905. Observations on the progeny of virgin ants. *Biol. Bull.*, **9**, 355-360.
- GASPAR C., 1967. Sur les pistes et mœurs de *Lasius fuliginosus* LATR. (Hymenoptera, Formicidae). *Ins. Soc.*, **14**, 2, 183-190.
- GOSSWALD K., 1932. Ökologische Studien über die Ameisenfauna des Mittleren Maingebietes. *Z. wiss. Zool.*, **142**, 1-166.
- HOELDOBLER B., 1961. Temperaturunabhängige rhythmische Erscheinungen bei rosameisenkolonien. (*Camponotus ligniperda* LATR. und *Camponotus herculeanus* L.) (Hym. Form.) *Ins. Soc.*, **8**, 1, 13-22.
- HOLDOBLER K., 1951. Ueber eine Milbenschädigung der Robameise *Camponotus herculeanus*, die durch eine Fehlreaktion des Wirtes wirksam wird. *Z. angew. Entom.* **33**, 104-107.
- KANNOWSKI P.-B., 1959. The flight activities and colony-founding behavior of bog ants in Southeastern Michigan. *Ins. Soc.*, **6**, 2, 115-162.
- KANNOWSKI P.-B., 1969. Daily and seasonal periodicities in the nuptial flights of neotropical ants. I. *Dorylinae*. VI^e Congr. *Ins. Soc. Berne*, 77-84.
- KRAUSSE A., 1913. *Camponotus herculeanus vagus* SCOP., als Korkschädling. *Archiv. für Naturgesch.* **79**, 6, 34-35.
- KRISHNIA AYYAR P.-N., 1935. The biology and economic status of the common black ant of South India : *Camponotus* (*Tanaemyrmex*) *compressus* LATR. *Bull. Ent. Res.*, **26**, 575-585.
- LE MASNE G., 1953. Observations sur les relations entre le couvain et les adultes chez les Fourmis. *Ann. Soc. Nat. Zool.* 11^e sér., **15**, 1-56.
- MARIKOVSKY P. I., 1962. Contribution to the different modes of social life in *Camponotus herculeanus* L. *Bull. Moscow. Soc. of Nat. investig. Biol. Dept.*, **67**, 3, 122-124.
- PASSERA L., 1962. *Étude préliminaire de la biologie et du comportement de Plagiolepis pygmaea* LATR. Thèse 3^e cycle n° 190, Toulouse, 147 p. dactylographiées.
- PASSERA L., 1963. Le cycle évolutif de la Fourmi *Plagiolepis pygmaea* LATR. (Hymen. Formic. Formicidae). *Ins. Soc.*, **10**, 1, 59-69.
- PASSERA L., 1968. Les stades larvaires de la caste ouvrière chez la Fourmi *Plagiolepis pygmaea* (Hyménoptère, Formicidae). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **93**, 3, 357-365.
- PISARSKI B., 1961. Studien über die polnischen Arten der Gattung *Camponotus* MAYR. *Ann. Zool.*, Varsovie, **19**, 5, 147-207.
- PRICER J.-L., 1908. The life history of the Carpenter ant. *Biol. Bull.*, **14**, 177-218.
- SANDERS C.-J., 1964. The biology of Carpenter ants in New Brunswick. *Canad. Ent.*, **96**, 894-909.
- SOULIÉ J., 1956. Le déclenchement et la rupture de l'état d'hibernation chez *Crematogaster scutellaris* OL. (Hymenoptera, Formicidae). *Ins. Soc.*, **3**, 3, 431-438.
- SOULIÉ J., 1957. Quelques notes sur l'hibernation chez la fourmi *Crematogaster scutellaris* OL. et chez une espèce voisine, *Crematogaster auberti* EM. (Hymenoptera, Formicoidea). *Ins. Soc.*, **4**, 4, 365-373.
- STUMPER R., 1962. Sur un effet de groupe chez les femelles de *Camponotus vagus* (SCOPOLI). *Ins. Soc.*, **9**, 4, 329-333.
- TOROSSIAN C., 1967 a. Recherches sur la biologie et l'éthologie de *Dolichoderus quadripunctatus* (L.) 1. Étude des populations dans leur milieu naturel. *Ins. Soc.*, **14**, 2, 105-122.
- TOROSSIAN C., 1967 b. Recherches sur la biologie et l'éthologie de *Dolichoderus quadripunctatus* (L.) 9. Étude des possibilités évolutives des colonies avec reine et des femelles isolées désaillées. *Ins. Soc.*, **14**, 3, 259-280.
- TOROSSIAN C., 1968. Recherches sur la biologie et l'éthologie de *Dolichoderus quadripunctatus* (L.) 8. Mode de reproduction et cycle biologique de colonies. *Ins. Soc.*, **15**, 4, 375-388.
- VINCENT J., 1965. *Recherches sur la morphologie et la biologie de Pheidole pallidula* D.E.S., Toulouse, 81 p. dactylographiées.
- WALLIS D. I., 1960. Spinning movements in the larvae of the ant *Formica fusca*. *Ins. Soc.*, **7**, 2, 187-199.
- WEIR J.-S., 1959. Egg masses and early larval growth in *Myrmica*. *Ins. Soc.*, **6**, 2, 187-201.
- WHEELER W.M., 1910. *Ants (Their structure, development and behavior)*. Columbia Univ. Press. New York, reprint 1926-663 p.

ÉTUDE DES FACTEURS RESPONSABLES DU RYTHME NYCTHÉMÉRAL DE LA PRISE ALIMENTAIRE DES CHENILLES DE *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* SCHIFF ET DES CONSÉQUENCES SUR LA VIROSE CYTOPLASMIQUE

A. BURGERJON ⁽¹⁾

Station de Recherches de Lutte Biologique, I. N. R. A.,
La Minière, 78 - Versailles

RÉSUMÉ

Par la technique de la coprométrie, il est démontré que l'alternance lumière/obscurité est responsable en premier lieu de la prise de nourriture nocturne des chenilles du dernier stade larvaire de la Processionnaire du Pin. Une influence de la baisse de température dans le déterminisme de la rythmicité de cette activité est néanmoins apparente. Le maintien du rythme en obscurité continue (DD) indique en plus son caractère circadien.

Les modifications climatiques artificiellement créées démontrent qu'à défaut des conditions idéales, les chenilles présentent, outre un dérèglement de la rythmicité du comportement alimentaire, une diminution de l'alimentation journalière et un allongement de la durée d'évolution allant de pair avec un moindre rendement nutritionnel (chenilles en prénymphe plus légères).

Les modifications climatiques défavorables n'ont pas exercé un rôle activateur sur le virus à polyèdres cytoplasmiques, qui est fréquemment présent dans les conditions naturelles à l'état d'infection chronique.

INTRODUCTION

La mise au point d'une technique d'élevage des chenilles de la Processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. LEP. *Thaumetopoidae*) constitue une étape préliminaire dans l'étude écologique de la virose intestinale décrite chez ces insectes par VAGO (1958), et dont les premières observations concernant ses caractères et son extension enzootique remontent à 1953 (GRISON et VAGO). En effet, les difficultés rencontrées par les différents spécialistes pour conduire un élevage ont été attribuées, à partir d'observations globales, à l'apparition de la virose cytoplasmique étroite-

(1) Nous remercions vivement M. B. DUMORTIER des conseils prodigués pour la rédaction de ce travail.

ment liée aux conditions climatiques dans lesquelles sont réalisés les élevages.

L'élevage est également essentiel pour la continuité des travaux sur le comportement et la biologie de la Processionnaire du Pin ainsi qu'à l'étude détaillée des mécanismes qui régissent l'action parasitaire ⁽¹⁾.

Le caractère artificiel des conditions climatiques est évident dans le cas d'un élevage à température constante, puisque non seulement l'aire de distribution de la Processionnaire du Pin est caractérisée par un climat où la température élevée du jour alterne avec une température basse la nuit, mais que de plus, le comportement alimentaire de l'insecte est tel que la prise de nourriture coïncide avec la baisse de température, et que le repos alimentaire (ou période digestion) est contemporain de la hausse de température. En effet, la prise de nourriture a lieu, dans la nature, presque exclusivement pendant la nuit.

Cependant le comportement alimentaire de la Processionnaire du Pin coïncide également avec le cycle nycthéral ; aussi nous sommes-nous proposé d'analyser le rôle respectif de l'alternance lumière/obscurité (LD) et de la température dans ce comportement en vue de déterminer l'influence éventuelle de ces deux facteurs considérés comme « stress » sur la manifestation de la maladie.

MATÉRIEL, D'ÉTUDE ET MÉTHODE DE TRAVAIL

Une serre, dont le chauffage peut être interrompu manuellement au moment voulu, a rendu possible l'obtention de conditions climatiques voisines de celles qui règnent normalement dans l'aire de distribution naturelle de la Processionnaire du Pin : température élevée pendant le jour et température basse pendant la nuit. Dans cette serre, l'aménagement d'une case en contreplaqué (fig. 1) aérée et éclairée par un tube fluorescent (40 W), mais étanche à la lumière, a permis de créer des cycles lumière/obscurité artificiels, tout en maintenant, soit une température presque constante, soit une température présentant un cycle de variation de 24 h. Notre dispositif expérimental comportait également une pièce à température constante et à photopériode programmée (tubes fluorescents) avec une case permettant de réaliser un cycle LD ⁽²⁾ dans les mêmes conditions de température. A l'aide de ces installations nous avons pu réaliser et comparer sept conditions expérimentales différentes en faisant varier indépendamment les paramètres température, lumière et obscurité, de façon cyclique ou continue.

Chaque expérience a consisté à mesurer la distribution dans le temps et l'intensité de la nutrition par la méthode coprométrique (fig. 1). Dans le cas des chenilles du dernier stade de la Processionnaire du Pin, il faut, en effet, noter que la défécation en dehors de la période d'alimentation a lieu à l'intérieur du nid, dans lequel les fèces s'accumulent. Les mesures coprométriques que nous avons effectuées sont donc effectivement synchrones à la période d'alimentation. La quantité de fèces à l'intérieur du nid n'a pas été mesurée mais de toute façon celle-ci est négligeable par rapport à la quantité de fèces recueillies à l'extérieur du nid.

Les différentes situations expérimentales ont été réalisées avec des lots comportant un nombre identique d'individus parvenus à la fin du quatrième stade larvaire et originaires d'un même nid et d'une même ponte. Très rapidement, les chenilles de ces lots isolés reconstruisent un nid. Les pontes avaient été prélevées dans la nature (vallée du Niolo en Corse) à la fin du mois de juillet et élevées dans des serres non chauffées jusqu'au stade IV. La plupart des expériences ont été faites simultanément sur les populations provenant de deux nids. Elles ont donné des résultats identiques, de sorte qu'il suffit de présenter ici les résultats détaillés d'une seule expérience pour chaque cas. Les fèces ont été recueillies et pesées à chaque alternance thermique ou d'éclair-

⁽¹⁾ Travaux en cours : le groupe d'étude de la Processionnaire du Pin.

⁽²⁾ On utilise classiquement dans les études concernant les rythmes d'activité le symbole « LD » pour représenter l'alternance lumière (L)/obscurité (D = darkness, Dunkel). Les durées respectives de la lumière et de l'obscurité (exprimées en heures) sont données à la suite. Ainsi le cycle que nous avons adopté le plus souvent (10 heures de lumière et 14 heures d'obscurité) se traduit par LD 10 : 14.

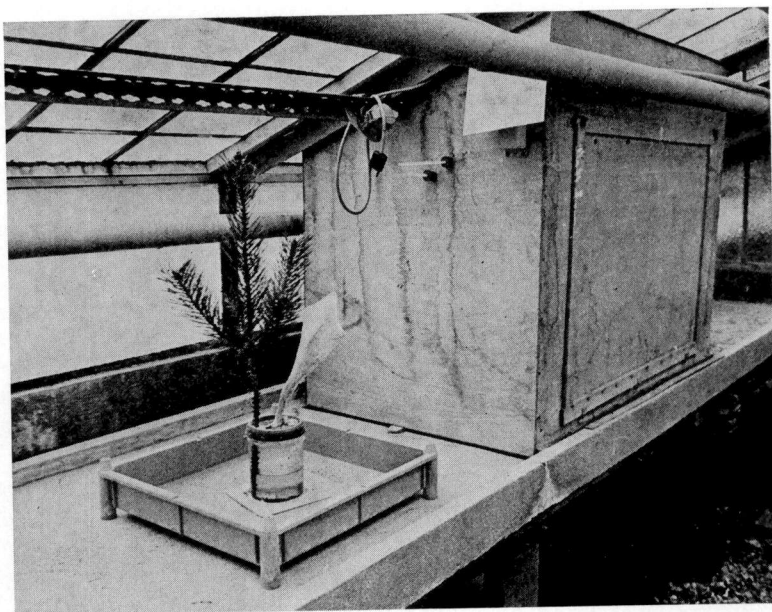


FIG. 1. — Dispositif d'élevage permettant la récupération des fèces pour chaque nid

Au fond la case expérimentale à photopériodes artificielles. Elle contient à l'intérieur un tube fluorescent de 1,20 m, 40 watts, type « Lumière du jour », dont le ballast, dégageant trop de chaleur, est monté à l'extérieur de la case. Le toit de la case comporte des orifices d'aération à chicanes étanches à la lumière.

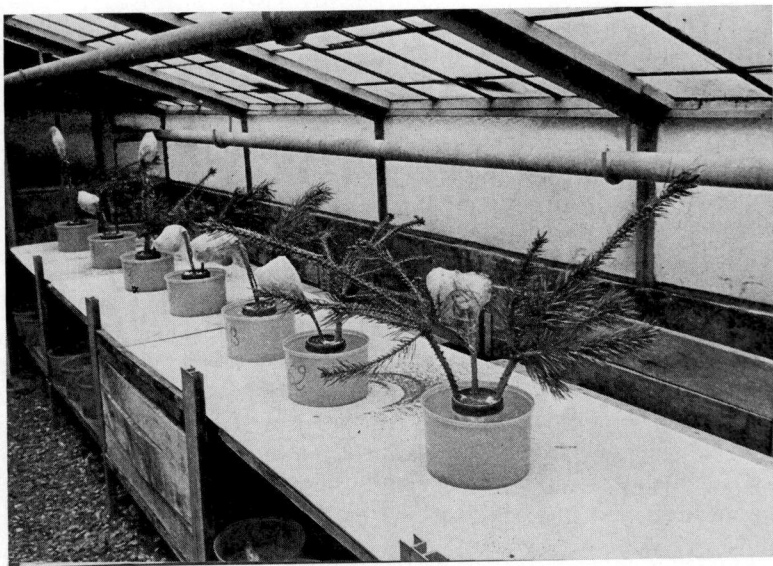


FIG. 2. — Dispositif d'élevage des chenilles de la Processionnaire du Pin, à partir de la ponte jusqu'à l'émergence des adultes

Le récipient intérieur en polystyrène comporte trois orifices dans le couvercle, dont deux près du bord surélevé, ce qui oblige les chenilles à se diriger vers les rameaux de pin plongeant dans de l'eau. Ce récipient est collé sur un carré en chlorure de polyvinyle dur pour augmenter sa stabilité (fig. 1) et est placé dans une cuve en polyéthylène (hauteur 15 cm, $\varnothing$ 22 cm). Les chenilles en procession de nymphe descendent le long du bocal dans cette cuve, mais ne peuvent en sortir.

rement pendant toute la durée du cinquième stade larvaire jusqu'à la chrysalidation. Sans donner lieu à des mesures coprométriques, un certain nombre d'expériences écopathologiques ont été conduites parallèlement (fig. 2) à l'aide d'un dispositif empêchant la fuite des chenilles et facilitant le renouvellement des rameaux de pin (*Pinus sylvestris* et *Pinus nigra* var. *austriaca*).

RÉSULTATS ET DISCUSSION DES EXPÉRIENCES

1. — Cycle thermique de 24 h et alternance lumière/obscurité (LD 10 : 14)

Les lots auxquels correspondent les fig. 4^a, 5^a et 6^a ont été élevés dans des conditions thermiques et nycthémerales approchant des conditions naturelles. Les chenilles se sont nourries exclusivement pendant la nuit, ce qui ne peut pas surprendre les écologistes.

Il est intéressant de noter que dans le lot de la figure 6^a, la température a été pratiquement constante et très basse pendant un jour à deux reprises au cours de l'expérimentation. Cela n'a visiblement pas influencé le rythme nycthémeral de prise de nourriture. Il faut encore noter que la baisse de l'intensité de l'alimentation (hauteur des colonnes dans les figures) que l'on constate à plusieurs reprises coïncide souvent avec le changement de feuillage. En effet, les chenilles se déplacent rapidement vers les rameaux en suivant la piste de soie de plus en plus dense après chaque déplacement (le « fil d'Ariane » selon DEMOLIN, 1971). Le remplacement du rameau mangé par un rameau neuf rompt cette piste et les chenilles restent bloquées un certain temps au niveau de cette rupture avant de le franchir.

2. — Température constante et alternance lumière/obscurité (LD 10 : 14)

Cette condition a été créée dans les expériences auxquelles se rapportent les figures 3^a et 6^c, dans le premier cas en serre, donc avec un éclairage naturel, dans le deuxième cas en pièce climatisée, donc avec un éclairage artificiel. On constate que le rythme nycthémeral persiste parfaitement tout au long de l'expérience. La suppression du cycle thermique n'a donc pas modifié le rythme nycthémeral naturel, mis en évidence dans la condition expérimentale précédente.

Du point de vue « quantité d'activité journalière », notion qu'il faut bien dissocier de l'activité rythmique, puisque reposant très vraisemblablement sur le jeu de mécanismes physiologiques distincts (DUMORTIER, 1970), le lot placé en température constante (fig. 6^c) suggère une condition meilleure que la condition naturelle (fig. 6^a) associée au cycle thermique (1 401 mg de nourriture en 20 jours contre 1 308 mg en 28 jours). Cependant un deuxième paramètre intervient dans la « quantité d'activité » : la « température globale moyenne » qui a été bien plus élevée dans le cas de la température maintenue constante.

3. — Température constante et éclairage continu (LL)

Un autre lot (fig. 3^b) a été élevé à une température constante et en éclairage continu. Contrairement à ce qu'il en était dans les conditions précédentes, on observe ici la suppression totale du rythme : les chenilles se sont nourries à la fois la nuit

et le jour. A température constante, la disparition du temps d'obscurité supprime donc entièrement la rythmicité.

La « quantité d'activité journalière » est cependant inférieure par rapport à celle enregistrée en alimentation rythmée (fig. 3^a). Contrairement au cas mentionné ci-dessus (deuxième variante), cette diminution de la « quantité d'activité journalière » ne semble pas être due à une différence de température globale moyenne. On peut en déduire que la perturbation du rythme nycthémeral de la prise de nourriture entraîne une déficience de la « quantité d'activité journalière ».

Cette déficience journalière est compensée par le prolongement de la vie larvaire (31 jours au lieu de 17 jours). Néanmoins cette compensation n'est pas totale, puisque la « quantité d'activité globale » reste inférieure à celle enregistrée en alternance lumière/obscurité (fèces : 830 mg contre 945 mg).

4. — Cycle thermique de 24 h et alternance lumière/obscurité inversée

(LD 13 : 11 inversé = déphasé de 12 h par rapport aux expériences précédentes).

Dans la fig. 4^b, le lot de chenilles a été soumis simultanément à un cycle thermique de 24 h et à l'inversion du cycle lumière/obscurité, c'est-à-dire une situation où le temps d'obscurité coïncide avec une élévation de la température. Nous voyons que dans ces conditions les chenilles s'alimentent essentiellement pendant le « jour » c'est-à-dire pendant l'obscurité artificielle. Cette expérience démontre le rôle déterminant de l'obscurité pour la prise de nourriture des chenilles par comparaison au rôle qu'aurait pu jouer le cycle thermique inversé en tant que force oppositionnelle. Néanmoins, le cycle thermique semble quand même exercer un rôle secondaire dans la commande du rythme, puisque tout au long de l'expérimentation, il a subsisté une faible alimentation pendant l'éclairement artificiel (qui correspondait à la nuit dans la nature).

Quant au déterminisme du phénomène de perturbation métabolique globale consistant en une déficience alimentaire (923 mg de fèces en 35 jours contre 1 365 mg en 26 jours), comme on l'a vu dans les cas précédents, l'inversion du cycle lumière/obscurité met plus nettement en évidence le rôle du cycle thermique.

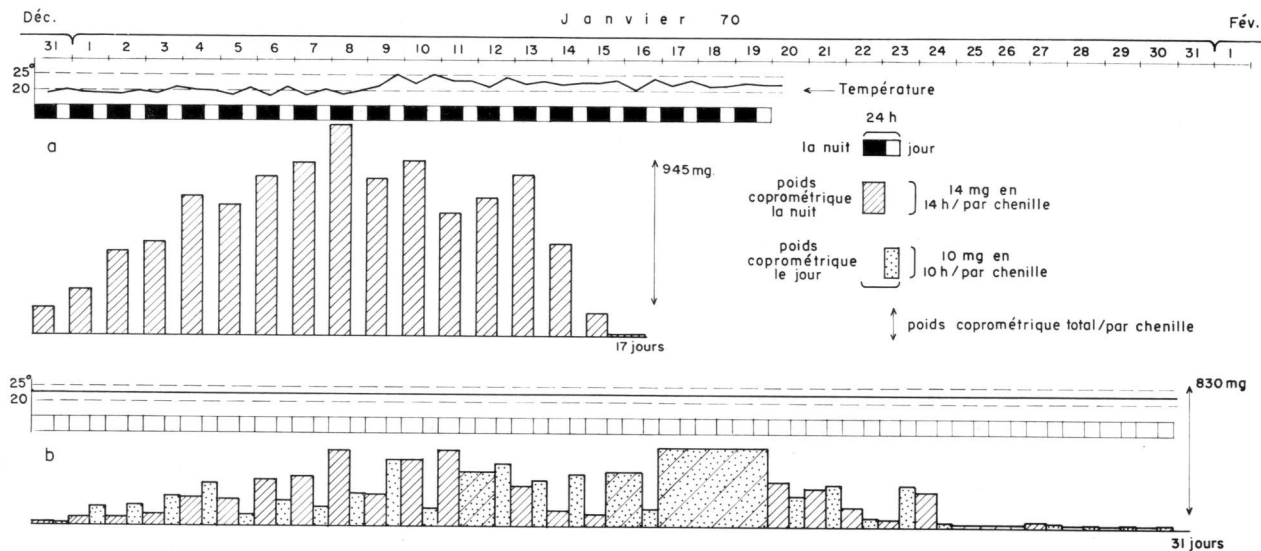
5. — Cycle thermique de 24 h et obscurité continue (DD)

En présence d'un cycle thermique de 24 h et d'une obscurité continue (fig. 5^b), ni le rythme, ni la « quantité » d'alimentation ne subissent de modifications.

Dans cette variante, le rôle décisif du cycle thermique dans le déterminisme du rythme n'est qu'apparent, puisqu'un facteur endogène réglant la rythmicité a pu jouer simultanément, ce dont témoigne la variante suivante :

6. — Température constante et obscurité continue (DD)

Nous voyons la nette persistance d'un rythme de 24 h dans la prise de nourriture en obscurité continue, couplée à une température constante (fig. 6^a) qui paraît bien témoigner de la nature endogène de cette rythmicité.



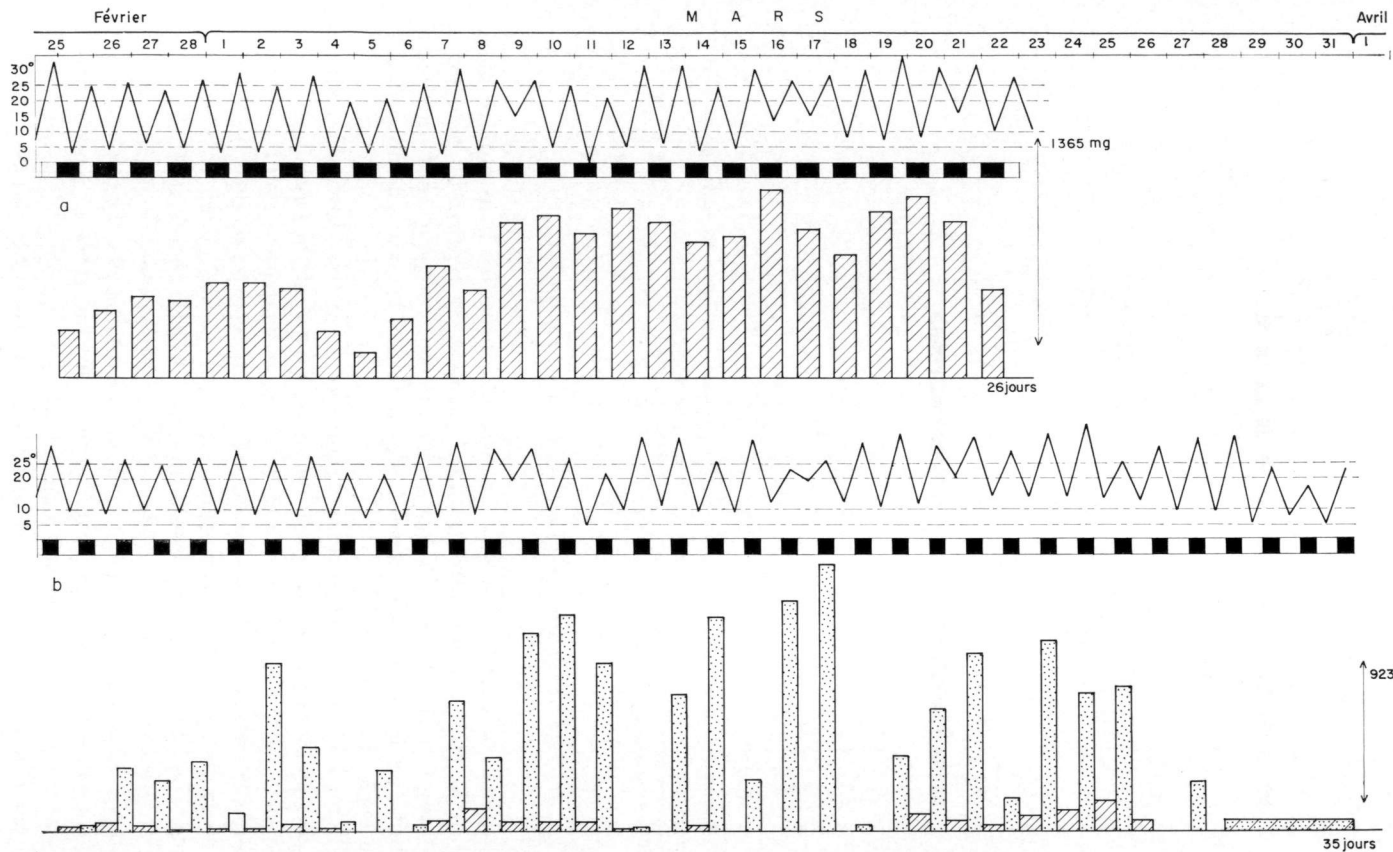


FIG. 4. — Résultats de la 2^e expérience à deux variantes simultanées

a) Conditions nycthémerales naturelles (LD 10 : 14) et cycle thermique naturel.

b) Conditions nycthémerales inversées (LD 13 : 11) et cycle thermique naturel.

96 chenilles 5^e stade, par lot.

Résultats global de l'essai de répétition simultanée.

a) Durée d'évolution : 14 jours, défécation totale par chenille : 605 mg.

b) Durée d'évolution : 15 jours, défécation totale par chenilles : 370 mg.

49 chenilles 5^e stade, en cours d'évolution, par lot.

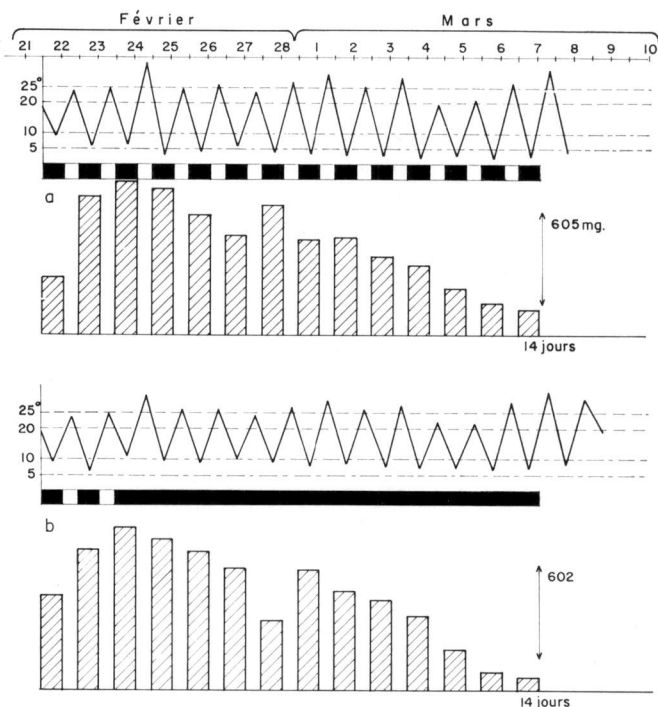


FIG. 5. — Résultats de la troisième expérience à deux variantes simultanées à partir du 3^e jour

- a) Conditions nycthémerales naturelles (LD 10 : 14) et cycle thermique naturel
 b) Conditions nycthémerales naturelles (LD 10 : 14) et obscurité continue.
 49 chenilles 5^e stade, par lot.

7. — Cycle thermique de 24 h et éclaircissement continu (LL)

Le cycle thermique couplé à un éclaircissement continu (fig. 6^b) nous montre que la rythmicité de la prise de nourriture persiste, quoiqu'à six reprises on note une faible alimentation diurne. A côté du rôle synchronisateur prépondérant du cycle lumière/obscurité, nous voyons donc encore se manifester le rôle synchronisateur secondaire du cycle thermique.

Il faut noter que les conditions de cette variante ont été créées à partir du 5^e jour, comme d'ailleurs les autres variantes de la même expérience de la figure 6, ce qui met en évidence le parfait synchronisme de la prise de nourriture avant l'expérimentation, démontrant l'homogénéité des quatre lots au départ. Or, en considérant le premier jour de changement des conditions, ou la période de 9 jours consécutive à ce changement, on constate la suppression presque totale de toute activité.

Ensuite, progressivement, la « quantité d'activité journalière » augmente, mais à la fin de l'expérience on constate le poids anormalement faible des chenilles descendues en procession de nymphose à une date tardive : 461 mg après 42 jours contre 634 mg après 28 jours (fig. 6^a). On voit donc de nouveau que le changement des conditions nycthémerales peut exercer son influence aussi bien sur le rythme nycthémeral que sur la « quantité d'activité ».

CONCLUSIONS

Peu de travaux ont été consacrés jusqu'à présent aux rythmes de prise de nourriture chez les Insectes (LIPTON et SUTHERLAND, 1970). Notre étude fait appel à une technique expérimentale (la coprométrie), qui semble peu applicable aux autres espèces et qui, de plus, présente l'avantage de ne pas créer une condition expérimentale par trop artificielle, comme c'est le cas avec l'utilisation des trophographes (LIPTON et SUTHERLAND, 1970). Nos expériences ont démontré d'une part la hiérarchie des facteurs réglant le rythme de la prise de nourriture, d'autre part l'incidence des conditions artificielles sur la « quantité d'activité alimentaire », en partie, semble-t-il, en tant que conséquence de la rupture artificielle du rythme.

Au total, et pour ce qui est de la « quantité d'activité alimentaire », nous avons déterminé d'une part que la rythmicité de la prise de nourriture constitue la condition optimum de l'alimentation, d'autre part que la déficience alimentaire se manifeste par une forte diminution de l'alimentation journalière et une prolongation de l'état larvaire aboutissant à une faible diminution de l'alimentation globale.

Quant au facteur responsable du rythme de prise de nourriture, l'ensemble des expériences montre qu'il est essentiellement représenté par l'alternance lumière/obscurité, tout au moins pour le 5^e stade larvaire de la Processionnaire du Pin. C'est le temps d'obscurité qui règle le comportement alimentaire.

Si l'obscurité coïncide artificiellement avec une élévation de la température, les chenilles finissent par s'alimenter. Néanmoins dans ces conditions, le comportement alimentaire est déficient et en supprimant l'influence décisive de la scotophase, on voit se manifester deux facteurs secondaires induisant la rythmicité du comportement alimentaire, à savoir le cycle thermique et une certaine « aptitude endogène ».

Nos résultats confirment le rôle décisif du temps d'obscurité et le rôle secondaire ou modificateur de la température sur le rythme nycthéral chez beaucoup d'insectes (d'AGUILAR, 1961 ; HARKER, 1961 ; DANILEVSKY *et al.*, 1970) et ceci est d'autant plus intéressant que ce déterminisme a été démontré à propos d'un comportement alimentaire grégaire (DEMOLIN, 1967). Néanmoins, CLOUDSLEY-THOMPSON (1951) indique que l'activité nocturne chez certaines espèces de myriapodes est stimulée par la baisse de température.

Par rapport aux autres cas étudiés (HARKER, 1956 ; d'AGUILAR, 1961, EDWARDS, 1964) la persistance du rythme pendant une longue période expérimentale chez la Processionnaire du Pin maintenue en obscurité permanente (DD), est des plus caractéristiques et indique un rythme *circadien* selon la définition de HALBERG *et al.* (1959).

La comparaison de nos résultats avec ceux de DANILEVSKY *et al.* (1970) montre que les graphiques obtenus ne sont, ni du type A de ces auteurs, lequel représente un rythme « exogène » (nycthéral), ni du type B qui correspond à un rythme « endogène » (circadien). Nos graphiques sont intermédiaires et suggèrent un rythme « endo-exogène ». Un tel type intermédiaire semble appuyer l'hypothèse de DANI-

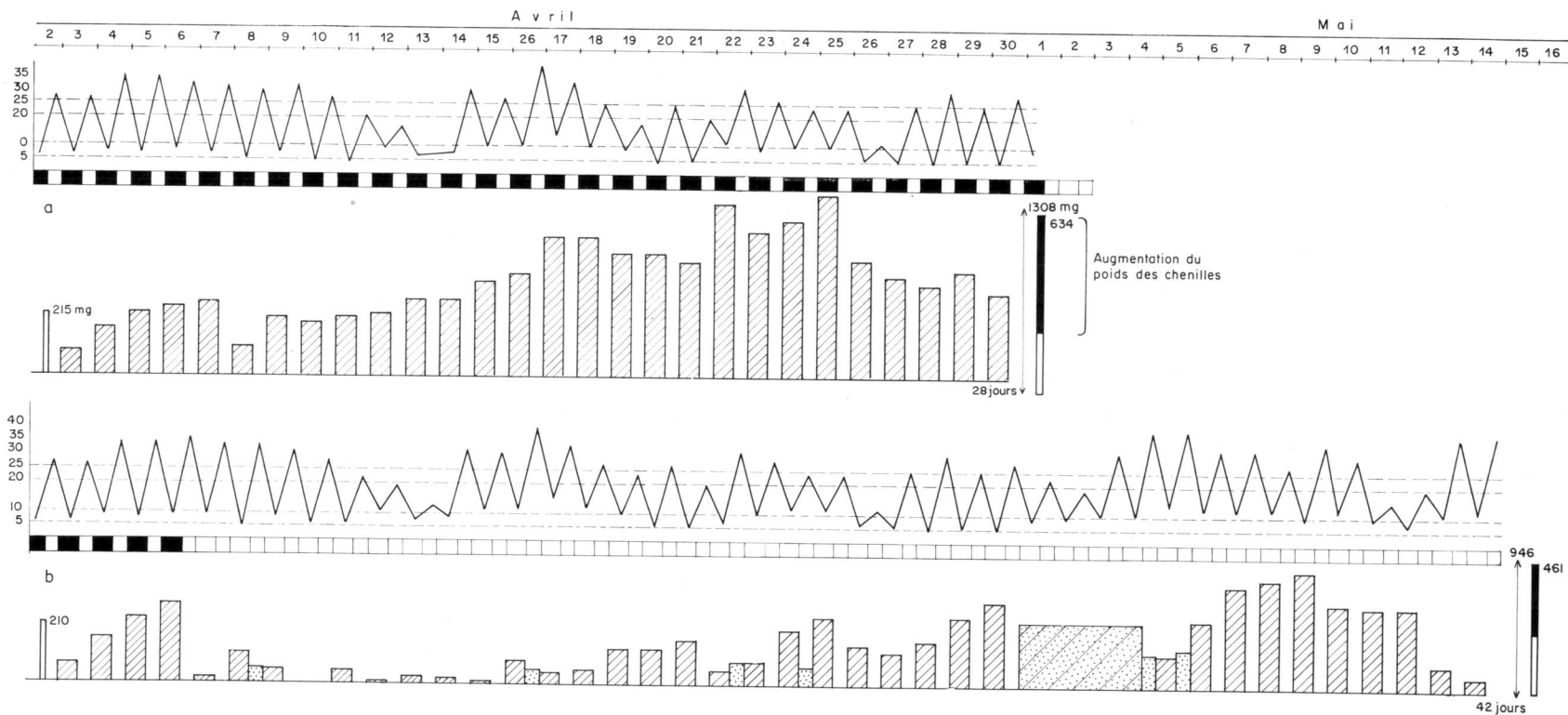
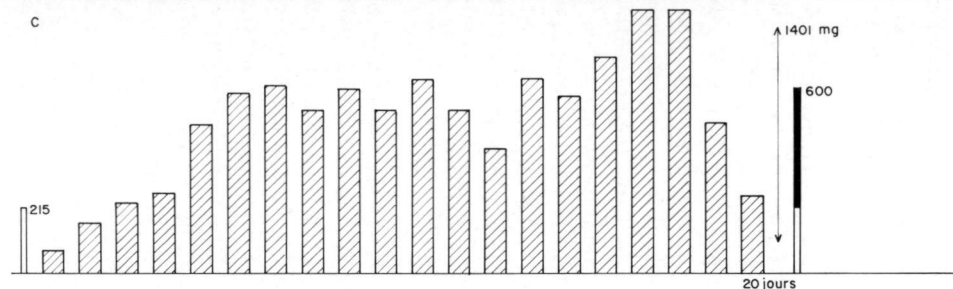


FIG. 6. — Résultats de la quatrième expérience à quatre variantes simultanées à partir du 5^e jour

a) Conditions nycthémérales naturelles (LD 10 : 14) et cycle thermique naturel.

b) Éclairage continu (LL) et cycle thermique naturel

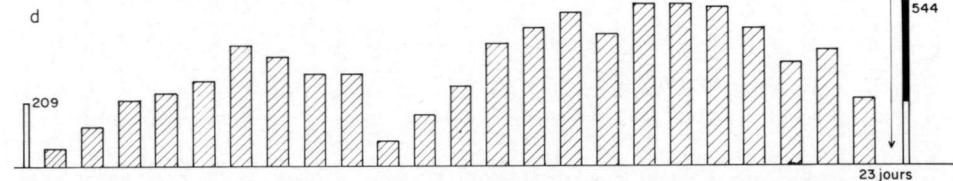
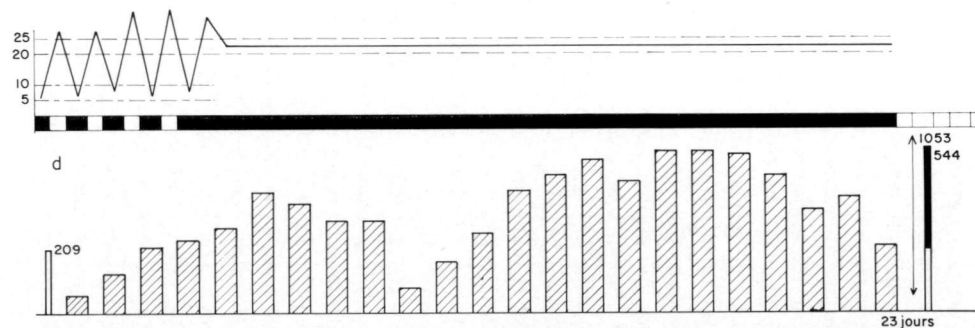
49 chenilles 5^e stade, par lot.



Résultat global de l'essai de répétition simultanée :

<i>a</i> : 1 476 mg de	poids moyen initial d'une chenille : 311 mg
fèces en 28 jours	poids moyen final — 693 mg
<i>b</i> : 712 mg de	poids moyen initial d'une chenille : 314 mg
fèces en 35 jours	poids moyen final — 473 mg
<i>c</i> : 1 283 mg de	poids moyen initial d'une chenille : 311 mg
fèces en 16 jours	poids moyen final — 635 mg
<i>d</i> : 1 157 mg de	poids moyen initial d'une chenille : 315 mg
fèces en 18 jours	poids moyen final — 605 mg

55 chenilles 5^e stade, par lot.



- c) Conditions nyctémérales naturelles (LD 10 : 14) et température constante
d) Obscurité continue (DD) et température constante
49 chenilles 5^e stade, par lot.

LEVSKY *et al.* qui écrivent : « Pure exogenous or absolutely independent endogenous rhythms seem to be unlikely in living organisms. »

Nous pensons que nos résultats corroborent et complètent utilement ceux décrits par DEMOLIN (1969), qui accorde une grande importance à l'état de jeûne dans le comportement naturel des chenilles, ce que nous n'avons pas expérimenté d'une façon directe sous forme de jeûne obligatoire (surpopulation). Néanmoins, il est intéressant de constater qu'indirectement le jeûne a dû intervenir dans le comportement des chenilles dans la plupart de nos expériences, ce qui s'est traduit par la poursuite des prises alimentaires de jour comme de nuit, ainsi que l'a constaté DEMOLIN, en cas de jeûne obligatoire des chenilles.

Pour la réalisation d'un élevage de la Processionnaire du Pin, il semble suffisant de pouvoir disposer d'une programmation du cycle d'éclairement et d'une température constante, plus ou moins élevée en fonction de la durée d'évolution souhaitée. Cependant, au cours d'autres élevages nous avons observé que la baisse de température nocturne ou une température basse constante seraient nécessaires pour que de plus jeunes chenilles (3^e et 4^e stades) constituent normalement leurs nids d'hiver. De ce fait, pour mener à bien un élevage à partir de la ponte jusqu'à la chrysalidation, il ne convient donc pas d'appliquer purement et simplement les conditions optimum décrites ci-dessus, puisqu'elles ne concernent que ces chenilles du dernier stade (donc après la construction du nid d'hiver), mais il y a lieu d'en tenir compte pour la réalisation d'un élevage permanent.

Il convient de rappeler que l'objectif initial de la création artificielle des conditions aberrantes vis-à-vis du stade larvaire de la Processionnaire du Pin fut l'étude écopathologique de sa virose cytoplasmique.

Or, pour ce qui est des facteurs « stress » susceptibles de stimuler l'extériorisation de la virose cytoplasmique, les expériences démontrent que les perturbations du comportement alimentaire des chenilles du dernier stade ne provoquent pas obligatoirement la manifestation de cette maladie dans une population issue de pontes provenant d'une région où la virose est pourtant présente à l'état endémique (DUSAUSOY-GÉRI, 1969 ; GÉRI, 1971). D'autres expériences ont été également négatives du point de vue stimulation de cette maladie. En effet, sans avoir suivi l'évolution larvaire par la technique de la coprométrie, nous avons pu cependant constater que l'élevage d'un certain nombre de nids à une température constante élevée (entre 25 et 30°C) et avec une hygrométrie relative constante de 100, n'entraînait pas l'apparition de la maladie.

D'après ces résultats, nous sommes enclins à souscrire à l'hypothèse de SMIRNOFF (communication personnelle), selon laquelle les infections virales latentes des insectes en populations naturelles s'extériorisent plutôt en conditions vitales optimum de l'hôte qu'en conditions vitales défavorables, comme cela est souvent admis.

Il nous semble que dans le cas où l'on est parvenu à une activation des maladies virales, la population se trouvait au départ dans un état « prédisposé ». Cette prédisposition peut être liée à une infection artificielle ou, dans les conditions naturelles, à une phase déterminée de la multiplication du virus dans les cellules. Il s'ensuit que les résultats des expériences d'induction sont parfois contradictoires et souvent non reproductibles (VAGO, 1959 ; SMITH, 1967). La coïncidence souvent observée entre épizooties et périodes de culmination de l'hôte (TANADA, 1963 ; VAGO, 1962, 1964) confirme bien l'hypothèse de SMIRNOFF. Or, ces périodes de culmination ne

peuvent être atteintes qu'à la suite de conditions de développement favorables, et non dans le cas de déséquilibres climatiques répétés.

Reçu pour publication en avril 1972.

SUMMARY

STUDY OF THE FACTORS RESPONSIBLE OF THE NYCTHEMERAL RHYTHM OF THE FOOD INTAKE IN *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* SCHIFF CATERPILLAR AND OF THE INCIDENCE ON THE CYTOPLASMIC VIRUS DISEASE

The rearing of pine processionary caterpillars has always been very difficult to realize because of the interference of its cytoplasmic polyhedroses, which outbreak was supposed to be closely related to abnormal climatic conditions. Nevertheless, the artificial creation of quite erratic climatic conditions during the last larval instar caused very abnormal food intake behaviour, without showing any incidence on the outbreak of the enzootic disease.

Since seven different temperature and light cycle combinations were used in four successive experiments, the factors which induce the nocturnal food intake behaviour have been established by means of the coprometric method.

The dark time exercises the highest pressure on the nocturnal food intake behaviour, whereas the thermal decrease and the inborn aptitude (circadian cycle) constitute secondary factors. When abnormal conditions disturb either the rhythm or the quantity of the daily food intake, the evolution of the caterpillars is slower and the finely obtained nymphs have a lower weight.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGUILAR J., d' 1961. Recherches sur l'éthologie des imagos d'Agriotes (Col. Elateridae). *Ann. des Épiphyties*, n° hors série.
- CLOUDSLEY THOMPSON J. L., 1951. Studies in diurnal rhythms, I. Rhythmic behaviour in millipedes. *J. exper. Biol.*, **31**, 165-172.
- DANILEVSKY A. S., GORYSHIN N. I., TYSHCHENKO V. P., 1970. Biological rhythms in terrestrial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, **15**, 201-244.
- DEMOLIN G., 1967. Grégairisme et subsocialité chez *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. Nid d'hiver. Activité de tissage. *C. R. V^e Congr. U. I. E. I. S.*, Toulouse 1965, 69-77.
- DEMOLIN G., 1969. Bioecología de la « Processionaria del Pino » *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. incidencia de los factores climáticos. *Bol. Serv. Plagas forest.*, **23**, 9-44.
- DEMOLIN G., 1971. Incidences de quelques facteurs agissant sur le comportement social des chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. (Lepidoptera) pendant la période des processions de nymphose. *Ann. Zool. Écol. anim.*, n° hors série, 33-56.
- DUMORTIER B., 1970. *Le rythme circadien d'activité stridulatoire de l'éphippigère* (Ins. Orthopt.) *étude anatomique et physiologique*. Thèse de Doctorat d'État ès-Sciences naturelles, Paris.
- DUSAUSSOY G., GÉRI Cl., 1969. Étude des fluctuations du niveau de population de la Processionnaire du Pin dans la Vallée du Niolo en Corse. *Ann. Sci. forest.*, **26**, 1, 103-125.
- EDWARDS D. K., 1964. Activity rhythms of lepidopterous defoliators. II. *Halisidota argentata* PACK. (Arctiidae) and *Nepytia phantasmaria* STKR. (Geometridae). *Can. J. Zool.*, **42**, 939-958.
- GERI Cl., 1971. Étude du niveau de population de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF dans la vallée du Niolo en Corse. *Ann. Zool. Écol. anim.*, n° hors série, 67-87.
- GRISON P., VAGO C., 1953. La régulation des infestations de chenilles Processionnaires du Pin par les maladies à virus. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, **39**, 9, 485-487.
- HALBERG F., HALBERG E., BARNUM C. P., BITTNER J. J., 1959. Physiologic 24 hours periodicity in human beings and mice, the lighting regimen and daily routine. *Ann. Assoc. Adv. Soc. Publ.*, **55**, 803-878.
- HARKER J. E., 1956. Factors controlling the diurnal rhythm of activity of *Periplaneta americana* L. *J. exper. Biol.*, **33**, 224-234.

- HARKER J. E., 1961. Diurnal rhythms. *Ann. Rev. Ent.*, **6**, 131-146.
- LIPTON G. R., SUTHERLAND D. J., 1970. Feeding rhythms in the american Cockroach, *Periplaneta americana*. *J. Insect Physiol.*, **16**, 1757-1767.
- SMITH K. M., 1967. *Insect Virology*. London, Academic Press, 1967. 256 p.
- TANADA Y., 1963. Epizootiology of infectious diseases. In « STEINHAUS E. A. *Insect Pathology. An advanced treatise*. New York. Academic Press, vol. II, pp. 423-476.
- VAGO C., 1958. Virose intestinale chez la Processionnaire du Pin *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. *Entomophaga*, **3**, 35-37.
- VAGO C., 1959. Enchaînement des maladies chez les insectes. *Ann. Épiphyties*, n° hors série, 181 p.
- VAGO C., 1962. Predisposition and interrelations in insects diseases in : STEINHAUS E. A. *Insect pathology. An advanced treatise*. New York, Academic Press, vol. I, pp. 339-372.
- VAGO C., 1962 (1964). Écologie des viroses d'insectes. *Entomophaga*, mémoire hors série n° 2, 432-443. Coll. Int. Pathol. Insectes. 1962, Paris.
-

INTÉGRATION DE MÉTHODES DE LUTTE CONTRE LES RAVAGEURS DES PLANTES LÉGUMIÈRES CULTIVÉES EN SERRE PREMIERS RÉSULTATS

W. della GIUSTINA

*Laboratoire de Faunistique,
Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
78 - Versailles*

RÉSUMÉ

Les résultats obtenus après trois années d'étude de la dynamique des populations des ravageurs en serre légumière ont conduit à la mise au point d'une technique de lutte intégrée expérimentée dans deux serres de 200 m² chacune, dont l'une ne contenait que des tomates alors que l'autre était plantée avec des concombres, melons, aubergines et haricots verts.

Les opérations ont été les suivantes :

- pose de filets à mailles fines, aux ouvertures pour interdire l'entrée des serres aux ravageurs immigrants ;
- traitement du plant en pépinière avec un pesticide polyvalent (dichlorvos) juste avant sa mise en place ;
- enlèvement des deux feuilles de tomate les plus âgées afin d'éliminer les pucerons qui auraient pu s'y maintenir ;
- désinfection des parois intérieures de la serre au chinométhionate dans le but de détruire les formes hivernantes d'acariens ainsi que les spores d'oïdium.

On n'a pas observé de ravageurs durant toute la culture de tomate ; dans la serre de polyculture, deux populations ont été notées dont la présence semble due à des erreurs qui sont analysées dans le texte. Il n'y a pas eu d'attaque d'oïdium sur les Cucurbitacées, bien que les plantes à l'automne précédent en fussent couvertes.

Il semble bien que la désinfection des parois intérieures de la serre au chinométhionate soit la technique importante dans ce procédé de lutte intégrée si le plant introduit est sain. Des essais en serres d'exploitation sont entrepris cette année dans la région de Nantes.

Les essais ont été entrepris afin de tenter de supprimer les traitements chimiques d'une culture légumière après son installation en serre. Ce sont les résultats des investigations concernant l'écologie des ravageurs des tomates, obtenus à partir de 1968

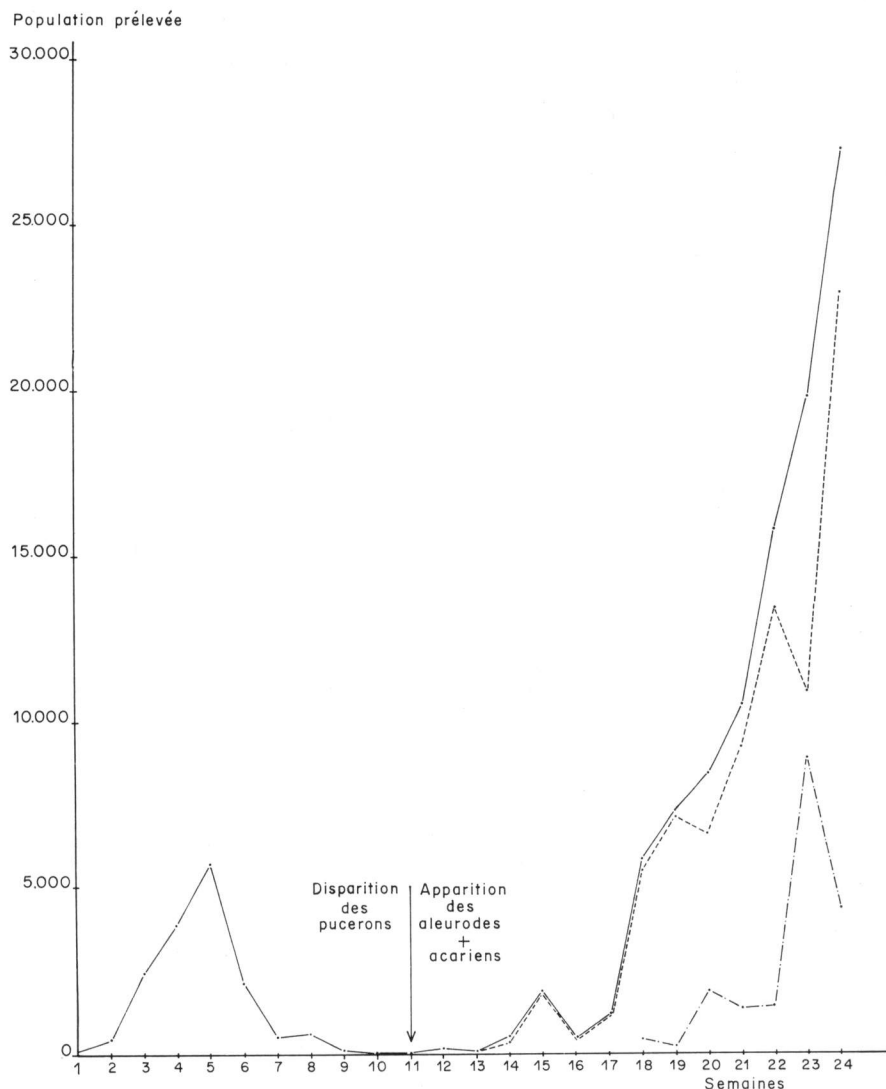


FIG. 1. — Évolution des différentes populations de ravageurs sur les pieds de tomate

— population totale ;
 - - - - - aleurodes ;
 - . - . - acariens.

au C. N. R. A. de Versailles, qui ont permis, en 1971, cette première tentative. Ces résultats indiquent en particulier que sur tomates, les pucerons se développent préférentiellement sur les feuilles les plus âgées tant que la plante croît, mais égale-

ment que les infestations de la culture par les acariens se font en deux temps : en février-mars par la sortie d'hivernation de ceux qui sont restés en place, en juillet par ceux qui viennent de l'extérieur (della GIUSTINA, 1972 a et b).

L'expérimentation a été effectuée dans deux serres identiques de 200 m² chacune, affectées aux études du Laboratoire de Faunistique. L'une d'elles était en monoculture de tomate, l'autre contenait quatre espèces légumières réparties sur une même superficie (50 m² environ) : aubergine, melon, concombre, haricot.

Avant de présenter séparément les résultats obtenus dans les deux serres, il semble important de rappeler, succinctement, la courbe des fluctuations des populations enregistrée en 1970, dont l'analyse complète a été publiée en 1971 (fig. 1).

On remarque essentiellement trois faits :

- la disparition des pucerons courant juin ;
- leur remplacement en juillet par des aleurodes et acariens provenant très certainement de l'extérieur ;
- la baisse numérique des acariens, les dernières semaines, qui correspond à une augmentation progressive, mais très importante, de la forme hivernante qui ne pond pas et abandonne sa plante-hôte à la recherche d'emplacements de repos.

Cela indique, non seulement la présence d'aleurodes et d'acariens dans l'environnement des serres, mais également la possibilité en 1971 d'une forte infestation de ces derniers à partir des individus hivernant dans les superstructures de la serre.

PRÉPARATION DES SERRES

Ces observations et hypothèses ont conduit à la proposition d'une méthode de lutte intégrée ne faisant intervenir la lutte chimique qu'au stade pépinière. Les opérations qui sont résumées dans la figure 2 ont été menées comme suit :

— La pépinière a été installée dans le couloir contigu aux serres et a été maintenue le plus étanche possible pendant toute la période où le plant y fut cultivé. Deux traitements avec une forte dose de dichlorvos (15 cm³ de produit commercial pour 100 m³ émis sous la forme de fines particules, (d'AGUILAR et della GIUSTINA, 1967), ont été appliqués à huit jours d'intervalle juste avant la plantation. Les deux feuilles les plus âgées des tomates (celles qui sont le plus susceptibles d'héberger les pucerons) ont été enlevées au moment de l'introduction des plantes dans la serre. Ces techniques chimiques et culturales ont pour objectif essentiel d'éliminer les pucerons: *Myzus persicae* Sulz.

— Pulvérisation de deux spécialités fongicides sur les parois intérieures de la serre, entre les deux émissions d'aérosol. La première, à base de thirame, a été appliquée le premier février alors que la seconde, au chinométhionate (également acaricide à la dose de 100 g de produit commercial par hl, l'a été quatre jours plus tard.

Ces deux traitements devaient prévenir des attaques cryptogamiques (*Botrytis* et *Oïdium*) mais surtout détruire les formes hivernales de *Tetranychus urticae* KOCH abritées dans les anfractuosités des parois de la serre.

— des filets en nylon à maille fine (42 mailles au cm²) ont été fixés aux ouvertures des serres pour y interdire l'entrée printanière des pucerons ainsi que celle plus tardive, des aleurodes et acariens. La réduction par cet obstacle des échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur, qui ne laissait pas d'inquiéter, ne semble pas avoir joué, d'autant qu'un léger blanchiment du vitrage a diminué « l'effet serre ».

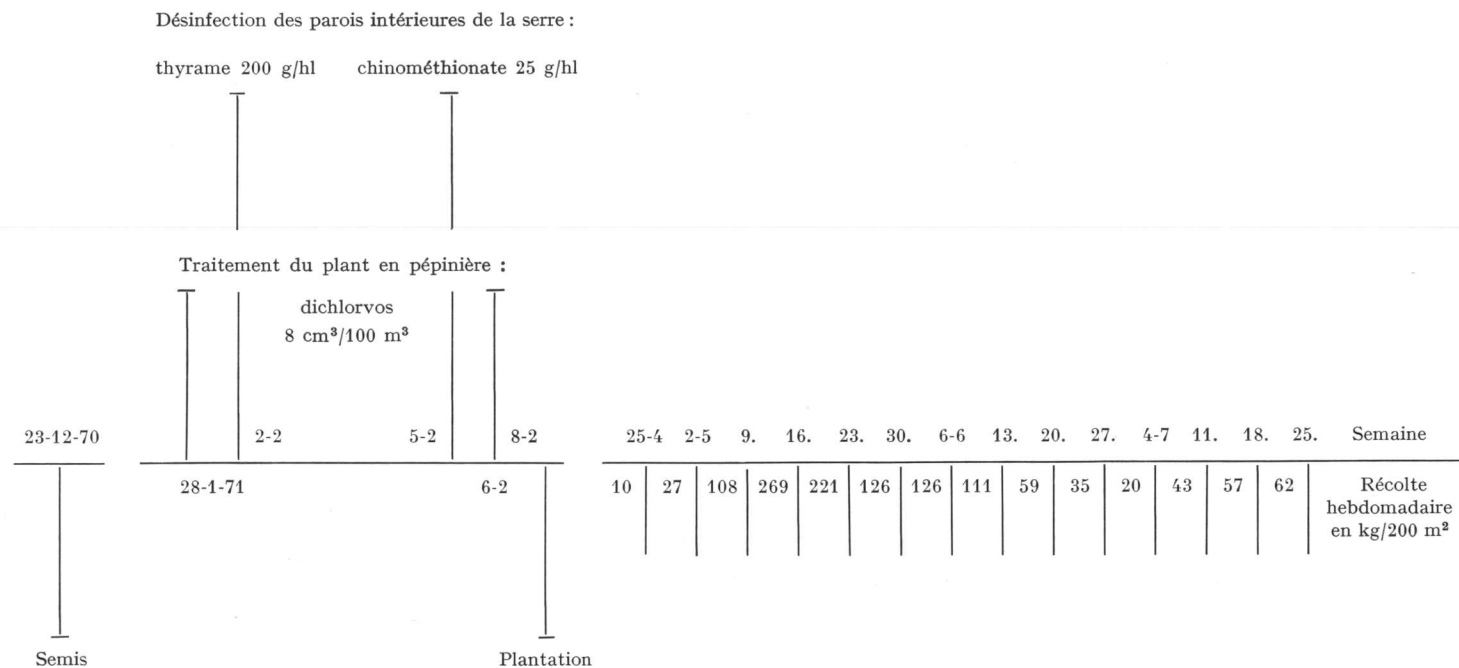


FIG. 2. — *Programme des traitements et récolte de la serre de tomate*
Aucun ravageur observé pendant la culture

RÉSULTATS OBTENUS

Serre de tomate

L'hypothèse de l'efficacité de la méthode décrite s'est trouvée vérifiée puisque la présence d'aucun ravageur n'a été constatée pendant toute la durée de la culture. Contrairement à l'opinion de BRAVENBOER (1971), il est donc possible d'atteindre le Tétranyque tisserand sous sa forme hivernante, à condition que le traitement soit bien appliqué. A cet effet, une dose double de celle qui est habituellement préconisée (100 g/hl) a été pulvérisée par un jet assez fin et puissant sur toute la paroi, en insistant particulièrement sur les fondations en ciment. Les filets, d'autre part, paraissent avoir assuré une étanchéité satisfaisante, puisque les aphides n'ont pas pénétré dans la serre alors que l'on enregistre toujours des vols importants d'avril à juin.

La suppression des interventions pesticides en cours de culture présente un grand intérêt quant à l'absence de résidus, mais il semble qu'il y ait également une amélioration qualitative, sinon quantitative, de la récolte par l'absence d'une phytotoxicité chimique, comme l'indique ADDINGTON (1966). Nous avons récolté en effet 1 016 kg en sept semaines (du 3 mai au 20 juin) soit un rendement de 50 tonnes à l'hectare dont un pourcentage important, malheureusement non chiffré, de très gros fruits pour cette variété de serre (M. RONALD). En fait, la récolte totale est plus forte et le rendement supérieur (1 270 kg soit 63,5 tonnes/ha) mais en fin de végétation beaucoup des fruits récoltés sont petits.

Des critiques sont à émettre cependant en ce qui concerne la conduite de la culture expérimentale :

Le séjour en pépinière ayant été trop long, les plants ont eu tendance à « filer », ce qui a surélevé d'autant, par rapport au sol, le premier bouquet floral.

Les plants n'ayant pas été soumis au froid, le premier bouquet est donc apparu au niveau de la neuvième feuille au lieu de la septième comme cette pratique culturale le permet normalement.

Ces « manquements » techniques ont diminué de deux bouquets le nombre total qui aurait dû être obtenu et d'autant le rendement, si l'on garde à l'esprit que ce sont les premiers bouquets qui possèdent les fruits les plus gros.

A signaler également que la densité de plantation (1,6 pied au m²) est inférieure à la normale (voisine de 2,5 pieds au m²). D'où un rendement à l'ha inférieur à celui qui est récolté dans les serres de production.

Le filet qui a été fixé avec une colle spéciale à base de chlorure de méthylène après décapage du support métallique avec un produit contenant du méthyl isobutyl cétone a très bien résisté aux nombreuses opérations d'ouverture et de fermeture auxquelles ont été soumis les panneaux d'aération pendant six mois. Il semble que la dimension des mailles du filet pourrait être légèrement augmentée, sans préjudice quant à son efficacité.

Serre de polyculture

Les résultats obtenus sont moins éloquents qu'en monoculture de tomate. En effet, le 22 mars, six semaines après la plantation, quelques colonies d'*Aulacorthum solani* KALT. sur aubergine ont été observées, alors que les cultures voisines n'étaient pas infestées.

Cette présence s'explique dans la mesure où l'on sait que durant la période où le plant était en pépinière les deux serres étaient occupées par de la laitue très fortement infestée par des pucerons dont une bonne proportion d'*Aulacorthum solani* KALT. Malgré les précautions prises, quelques individus ont dû coloniser la pépinière située dans le couloir et pondre puisque *A. solani* peut déposer ses œufs sur un grand nombre de plantes (HUSSEY *et al.*, 1969). Le pesticide employé n'ayant pas d'action ovicide, quelques œufs ont été introduits avec les plants, ce qui expliquerait le délai écoulé avant l'observation des premières colonies.

On a constaté, en outre, le 5 mai, une infestation d'acariens localisée sur certains pieds de melon voisins des cultures de haricots. Leurs feuilles touchaient une toile à ombrer qui avait été installée, sans traitement préventif, au-dessus des haricots verts pour prévenir les brûlures occasionnées par une exposition directe aux rayons solaires. On peut supposer que les toiles, qui avaient été employées pour le même usage l'année précédente jusqu'en octobre, abritaient quelques formes hivernantes d'acariens qui ont pu se remettre en activité dans les conditions de la serre.

Ces deux insuccès partiels devraient être évités l'année prochaine, en procédant, d'une part à un isolement plus rigoureux de la pépinière, et d'autre part en désinfectant au préalable tout le matériel utilisé.

Il faut mentionner encore, qu'en octobre 1970, des pieds de concombre ont été couverts d'oïdium (*Erysiphe cichoracearum*) laissés à dessein pour qu'un grand nombre de spores de conservation se déposent sur les parois intérieures de la serre et constituent un inoculum important l'année suivante. En fait, il n'y a pas eu d'attaque d'oïdium bien que la moitié de la serre fût occupée par des Cucurbitacées sensibles. Aussi, semble-t-il bien que l'intervention acaricide au chinométhionate a eu le double effet acaricide et fongicide qu'on en attendait.

CONCLUSIONS

Les techniques simples qui ont été utilisées pour proscrire les interventions chimiques après la plantation, paraissent avoir donné satisfaction. Il semble bien que la désinfection préalable et soignée des parois intérieures de la serre, avec du chinométhionate, élimine *T. urticae*, un des ravageurs les plus redoutables des cultures protégées, en même temps que les spores d'oïdium. La pose des filets à mailles assez fines, sans gêner outre mesure les échanges thermiques au moins dans les conditions de nos régions septentrionales limite efficacement la pénétration des déprédateurs venant de l'extérieur.

Dans la mesure où l'on peut éliminer les pucerons, alors que le plant est en pépinière et en prenant par la suite, les précautions qui viennent d'être exposées, il n'est pas déraisonnable de penser réussir une culture sous serre sans ravageurs.

Cependant, si certains insuccès partiels étaient encore enregistrés, on pourrait alors faire appel à d'autres techniques complémentaires de lutte, et en particulier à la lutte biologique dont les possibilités en serre sont nombreuses. Cette dernière permettrait non seulement d'éviter l'emploi d'insecticides (pour les raisons exposées précédemment) mais aussi de réduire le temps de travail nécessité par les interventions phytosanitaires. On a estimé, en effet, que le temps nécessaire à l'application d'un programme biologique sur concombre n'excéderait pas 160 heures par ha, alors qu'il faut 600 heures/ha pour un traitement insecticide appliqué par pulvérisation (PARR et SCOPES, 1971).

La diversité des entomophages mis à notre disposition est maintenant suffisamment grande pour résoudre les principaux cas observés. C'est ainsi que *Phytoseiulus persimilis*, lâché avec un certain nombre d'acariens phytophages pour faciliter son installation dans la serre dès l'observation des premières attaques, devrait maintenir *T. urticae* au-dessous du seuil économique de nuisibilité durant toute la culture.

Contre *M. persicae*, nous connaissons *Diaretiella rapae* et *Aphelinus asychis*, deux parasites très efficaces dont les exigences écologiques sont différentes (MICHEL, 1969 ; LYON, 1970). Rappelons notamment les résultats obtenus avec le premier de ces hyménoptères après une infestation naturelle d'une culture de tomate fortement colonisée par *M. persicae*. En effet, neuf semaines après l'observation des premières momies, 80 p. 100 de la population restante du ravageur était parasitée (della GIUSTINA, 1971 a).

Il semble aussi extrêmement important de désherber le sol sur quelques mètres autour des serres dans le but de supprimer une zone d'attraction et de relais pour les insectes venant de plus loin et qui peut également constituer une aire de refuge pour ceux de l'intérieur.

L'ensemble des résultats présentés paraît assez encourageant pour éprouver la méthode dans des serres d'exploitation, c'est-à-dire dans les conditions de la pratique. Si l'éradication peut ne pas être obtenue aussi facilement que sur 200 m², on peut en espérer néanmoins une diminution sensible du potentiel d'infestation, ou du moins un retard de l'explosion démographique facilitant la mise en œuvre de méthodes biologiques de lutte.

Reçu pour publication en avril 1972.

SUMMARY

INTEGRATED CONTROL IN THE VEGETABLE GLASSHOUSE

The results obtained after three years' study of the dynamics of pests populations in the vegetable glasshouse led to the perfecting of an integrated control technique, tested in two glasshouses, each 200 m², one of which contained tomatoes only, and the other planted with cucumbers, melons, egg-plants and french beans.

Operations were as follows :

- placing of fine-mesh screens at apertures to prevent the entry of immigrant pests into the glasshouses ;
- treatment of seed-bed plants with a polyvalent pesticide (dichlorvos) just before positioning them ;
- removal of the oldest leaves of tomato plants in order to eliminate the aphids which might remain here ;

— disinfection of the inside walls of the glasshouse with chinomethionate so as to destroy the winter forms of Mites and Oidium spores.

No pests were observed throughout tomato culture ; in the polyculture glasshouse two populations were noted, whose presence seemed to be due to errors which are analyzed in the text. There was no powdery mildew attack on the cucurbits although the plants of the previous autumn were covered with it.

It appears that the disinfection of the inside walls of the glasshouse with chinomethionate is the important technique in the process of integrated control, if the plant introduced is healthy. Tests in commercial glasshouses are being made this year in the Nantes region.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADDINGTON J., 1966. Satisfactory control of red spider mite on cucumbers. *Grower*, **66**, 726-727.
- AGUILAR J. d', DELLA GIUSTINA W., 1967. Essais en serre avec des appareils distributeurs des pesticides sous forme de fines particules. *Phytiatrie-Phytoph.*, **16**, 237-243.
- BRAVENBOER L., 1971. Chemical and biological control of the common spotted spider mite of greenhouse crop. *Acta hortic.*, **17**, 181-186.
- DELLA GIUSTINA W., 1972 a. Étude sur la dynamique des populations d'insectes en serre légumière. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **4**, 1-33.
- DELLA GIUSTINA W., 1972 b. Écologie des ravageurs des tomates cultivées en serre. Mise au point d'une technique de lutte intégrée. *3^{es} Journées Phytiatrie-Phytopharmacie circum-méditer.*, Sassari 1971, sous presse.
- LYON J.-P., 1970. État actuel de la lutte contre les pucerons en serre. *C. R. Journées « Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures protégées »*, Antibes, 25-27 nov., 1970.
- HUSSEY N. W., READ W. H., HESLING J. J., 1969. *The pests of protected cultivation*. Arnold, Londres, 404 p.
- MICHEL M.-F., 1969. Contribution à l'étude des *Aphelinidae* aphidiphages et de leurs hôtes en France. *Entomophaga*, **14**, 439-446.
- PARR W. J., SCOPES N. A., 1971. Problems associated with biological control of glasshouse pests. *N. A. A. S. Quart. Rev.*, **91**, 113-121.
-

EFFECTS OF GAMMA RADIATION ON THE FERTILITY OF THE SPIDER MITE *TETRANYCHUS ARABICUS* ATTIAH

A. M. WAKID, E. A. ELBADRY and M. A. ELAAL

Faculty of Agriculture, Ain Shams University,
Cairo, U. A. R.

SUMMARY

Male and female *Tetranychus arabicus* ATTIAH, were sterilized at doses of 28 and 30 krad respectively. The fecundity of treated females mated to untreated males was affected by doses of 24 and 30 krad. The viability of eggs produced by treated mites was affected by doses of 16 and 30 krad.

Doses ranging from 8 to 60 krad apparently induced dominant lethal mutations in the sperm. Doses of 80, 100, and 140 krad caused sperm injury or inactivation. Females mated to gamma irradiated males produced fewer female progeny and more non viable eggs as the dosage of radiation increased. At a dosage of 28 krad, there were only male progeny.

INTRODUCTION

The two spotted spider mite *Tetranychus arabicus* ATTIAH continues to be among the most serious pests of cotton and other field crops in Egypt (ZAHER and ELBADRY, 1964). The rapid development of resistance of tetranychid species to many acaricides (TAHORI and RACCAH, 1970) urges the search for other methods of control.

Effects of ionizing radiation on tetranychid mites have been investigated by HENNEBERRY, (1964) ; BEAVERS *et al.*, (1971). ELBADRY *et al.*, 1972 reported that adults *T. arabicus* were sterilized when deutonymphs were irradiated at 30 krad.

The present paper is the result of studies conducted to investigate the effects of gamma radiation on the fertility of *T. arabicus*. The radiation doses at which sperm inactivation or injury results were also determined.

MATERIALS AND METHODS

Spider mites were exposed to gamma radiation from a Colbat-60 source which delivered approximately 118 r/sec. Males and females were subjected to doses of 2, 8, 16, and 30 krad, in the adult stage (1-day old). Mites were held at a temperature of $25 \pm 2^\circ\text{C}$ before and after irradiation.

Rearing method of *T. arabis* was described by WAKID *et al.*, 1972. Irradiated mites were transferred separately with a fine camel's hair brush to 15-mm-diam sweet potato leaf discs (RODRIGUEZ, 1953). Twenty five females were mated to 25 males of the same group, and were left under observation. Thereafter, females were transferred to clean sweet potato leaves. The numbers of male and female progeny, and nonviable eggs were recorded until all the adults were dead.

To investigate the dose required to sterilize the female mite, a similar arrangement was adopted using the same dosages, however irradiated females were mated to non irradiated males.

In order to determine the dosage of gamma radiation required for sperm inactivation, males were irradiated at doses of 8, 16, 24, 28, 30, 32, 40, 60, 80, 100, 120, and 140 krad, and mated with untreated virgin females.

Each of the three experiments were repeated 3 times.

RESULTS AND DISCUSSION

Experiments 1 and 2

Treated female spider mites mated with males exposed to 2, 8, and 16 krad produced fewer females and more nonviable eggs as the dose was increased (table 1). Pairs exposed to 30 krad produced only nonviable eggs. Fecundity was also decreased as the dose was increased.

TABLE I
Effect of gamma radiation on the fertility of T. arabis

Dosage (krad)	Total eggs produced	Viable eggs (%)	Premature mortality (%)	Progeny of parent generation	
				♀	♂
<i>Exp. 1: Treated females × treated males (average of 25 pairs/treatment)</i>					
0	73.24 ± 7.33	98.9	0.82	46	26
2	74.64 ± 7.64	94.6	1.60	35	34
8	85.89 ± 6.77	92.9	4.34	30	46
16	32.16 ± 2.77	42.2	5.41	2	7
30	17.08 ± 0.74	0.0	—	—	—
<i>Exp. 2: Treated females × untreated males (average of 25 pairs/treatment)</i>					
9	95.71 ± 6.40	84.2	7.36	50	23
16	92.25 ± 7.28	33.7	6.52	23	3
24	69.18 ± 4.37	8.7	0.0	6	0
30	60.50 ± 5.17	0.0	—	—	—

Similar effects were obtained when irradiated females were mated to untreated males. Females received 8, 16, and 24 krad and mated to untreated males, laid fewer number of eggs; produced fewer females and more nonviable eggs as the dose was increased (table 1). Females irradiated at 30 krad produced only non-viable eggs.

Experiment 3

Effect of gamma irradiation on sperm inactivation of *T. arabicus* was studied as follows:

Untreated females mating with males irradiated with 28, 30, 32, 40, 60, 80, 100, 120, and 140 krad produced only males and nonviable eggs (table 2). At doses of 80, 120, and 140 krad more males and fewer nonviable eggs were produced, an indication of induced dominant lethality. Fertilization of the eggs did not occur at these levels to permit the production of diploid females and the mated females responded as if unmated. Sperm injury or inactivation was demonstrated at high doses of irradiation as was an induced dominant lethal effect. As the dose was increased, the number of diploid females and nonviable eggs decreased, and the number of haploid males increased.

TABLE 2

Effect of gamma radiation on sperm inactivation of T. arabicus males

Dosage (krad)	Total eggs produced	Viable eggs (%)	Premature mortality (%)	Progeny of parent generation (%)	
				♀	♂
0	140 *	98.56	0.71	66.57	29.28
8	125	85.60	8.80	42.40	34.40
16	176	51.30	11.73	10.52	21.05
24	109	39.44	16.51	2.75	20.18
28	241	39.22	17.00	0.0	22.23
30	297	42.68	19.86	0.0	22.82
32	283	40.28	19.08	0.0	21.20
40	121	30.57	1.65	0.0	28.92
60	250	33.20	4.00	0.0	29.20
80	159	44.65	4.40	0.0	40.25
100	166	65.77	6.62	0.0	58.43
120	176	75.56	11.36	0.0	64.20
140	225	84.88	6.66	0.0	78.22

* Average of 25 females.

HENNEBERRY (1944) demonstrated a similar radiation induced dominant lethal effect in *T. telarius* (L.). It was also observed from table 2 that untreated females mated to irradiated males produced about the same number of haploid males as did untreated pairs. However, increasing the radiation dose, decreased the number of females produced and increased the number of nonviable eggs. Death of the

immature stages of females was due to the lethal effect in male gamete since unfertilized eggs produced only males by arrhenotoky. BEAVERS *et al.* (1971) reported that *Panonychus citri* (MC GREGOR) exhibited dominant lethal effects and sperm inactivation when they were treated with gamma irradiation.

Table 2 shows also that untreated female mites mating with males treated at 8, 16, and 24 krad produced a low percentage of viable eggs and an increased percentage of male progeny.

Reçu pour publication en février 1972.

RÉSUMÉ

EFFETS DES RADIATIONS GAMMA SUR LA FERTILITÉ DU TÉTRANYGNE *TETRANYCHUS ARABICUS* ATTIAH

Les effets de l'irradiation gamma sur les deux sexes de l'acarier *Tetranychus arabicus* ATTIAH ont été étudiés. Les doses d'irradiation qui provoquent l'inactivation ou des lésions du sperme ont aussi été précisées.

Les mâles et les femelles ont été exposés à l'âge de 1 jour au rayonnement gamma d'une source de cobalt 60. Les femelles vierges exposées aux rayons gamma et accouplées avec des mâles non traités produisent d'autant moins de descendants mâles et femelles et d'autant plus d'œufs non viables que les doses s'accroissent de 8 à 24 krad ; après exposition à 30 krad elles produisent seulement des œufs non viables. Des résultats semblables ont été obtenus lorsque des femelles irradiées étaient accouplées avec des mâles irradiés à 8, 16 et 30 krad.

Les mâles et les femelles de *T. arabicus* ont été stérilisés aux doses de 28 et 30 krad respectivement. La fécondité des femelles irradiées accouplées avec des mâles non irradiés a été affectée par les doses de 24 et 30 krad.

Des doses allant de 8 à 60 krad ont apparemment induit des mutations létales dominantes dans le sperme.

Des doses de 80, 100, 120 et 140 krad ont provoqué des lésions ou l'inactivation du sperme.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEAVERS J. B., HAMPTON R. B., TOBA H. H., MORENO D. S., 1971. Some effects of gamma irradiation or the chemosterilant Tepa, on the citrus red mite and its progeny. *J. econ. Ent.*, **64**, 72-75.
- ELBADRY E. A., WAKID A. M., ABD ELAAL M. A., 1972. Effects of gamma radiation on the spider mite *Tetranychus arabicus* ATTIAH. III. Irradiation of deutonymphs. *Z. angew. Entomol.*, in press.
- HENNEBERRY T. J., 1964. Effects of gamma radiation on the fertility of the two-spotted spider mite. *J. econ. Ent.*, **57**, 672-674.
- RODRIGUEZ J. G., 1953. Detached leaf culture in mite nutrition studies. *J. econ. Ent.*, **46**, 713.
- TAHORI A. S., RACCAH B., 1970. Resistance to acaricides in the carmine spider mite in Israel. *J. econ. Ent.*, **63**, 545-48.
- WAKID A. M., ELBADRY E. A., ELAAL M. A., 1972. Effects of gamma radiation on the spider mite *Tetranychus arabicus* ATTIAH. II. Irradiation of larvae. *Ann.-Zool. Ecol. anim.*, **4**, 379-383.
- ZAHER M. A., ELBADRY E. A., 1964. Survey and population studies of red and false spider mites. *Acarologia*, **6**, 425-33.

EFFECTS OF GAMMA RADIATION ON THE SPIDER MITE *TETRANYCHUS ARABICUS* ATTIAH.

II. — IRRADIATION OF LARVAE

A. M. WAKID, E. A. ELBADRY and M. A. ELAAL

Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Cairo, U. A. R.

SUMMARY

Effects of gamma radiation from Cobalt-60 on newly hatched larvae of *Tetranychus arabicus* were determined. Irradiation of larvae resulted in reduced numbers, delayed and incomplete adult emergence. Fecundity of females resulting from irradiated larvae was reduced. Length of the life span of adults decreased appreciably following dose of 10 krad. Males were more sensitive than females to radiation injury. At 25 krad, male emergence was completely inhibited. At 30 Krad, females did not lay eggs, however at 15 krad egg viability was reduced to 25 p. 100.

INTRODUCTION

Several reports have been published concerning the effects of gamma radiation on mites. Larvae, nymphs and adults of *Tyrophagus putrescentiae* (SCHRANKE) (KUMYANTSEV and RATANOVA, 1958); all developmental stages of *Acarus siro* L. (MELVILLE, 1958; NICHOLAS and WIAIT, 1959; BURKHOLDER *et al.*, 1966). HENNEBERRY (1964) reported a reduction in the fertility of irradiated *Tetranychus urticae* KOCH. Male and female *Panonychus citri* (MCGREGOR), were sterilized at doses of 24 and 32 krad respectively (BEAVERS *et al.*, 1971).

As a part of a study on the effects of gamma radiation on induced sterility of the two spotted mite *Tetranychus arabicus* ATTIAH, a common pest in the U. A. R., larvae were subjected to gamma radiation from a Cobalt-60 source. In the present investigation, the newly hatched larvae of *A. arabicus* were exposed to different doses of gamma radiation, and their effects on development, adult emergence, fecundity, fertility and sex ratio of the adults were investigated.

MATERIALS AND METHODS

T. arabicus was reared on sweet potato leaves *Ipomoea batatas* in the laboratory at $25 \pm 2^\circ$ and 70 ± 5 p. 100 RH. Mites were confined to the lower surface of leaves, placed on thick foam rubber pads saturated with water in Petri dishes. Newly hatched larvae were irradiated at 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, and 60 krad. Irradiated larvae were transferred separately with a fine camel's hair brush to 15-mm-diam leaf discs (RODRIGUEZ, 1953) punched from clean potato leaves and reared till emergence. The percent of adults completing their development was corrected by ABBOTT'S (1925) formula. Fifteen females were mated to 15 males of the same group and were kept under observation. Daily egg collections and mortality counts were continued until all the adults were dead. Eggs laid by each female were incubated to hatch, and percentages of viable eggs were estimated.

Three leaves infested with larvae were irradiated at each dose. Each leaf contained about 30-50 larvae. To obtain newly hatched larvae of similar age, 3 groups of 10 mated females were transferred each to a plant leaf and were allowed to oviposit for 24 hours. Females were then removed and eggs were incubated to hatch. Hatching took place after 4-5 days at 25° . After 5 days, each infested leaf was deposited in a plastic vial 3×6 cm, and placed in a cobalt-60 source delivering about 118 rad/s and subjected to the desired dose.

RESULTS AND DISCUSSION

A. — *Effect of gamma irradiation on larval and nymphal mortality*

The percentage of mites which had reached the adult stage after being subjected as larvae to different doses of gamma radiation were shown in table 1. About 75 p. 100 of the larvae treated at 20 krad reached adulthood. However, when the dose was increased to 40 krad, only 27 p. 100 of the larvae were able to reach maturity. Higher doses appreciably decreased emergence. At 50 krad, larvae suffered high mortality, and at 60 krad adult emergence was completely inhibited.

The present study showed that *A. arabicus*, in comparison with other mites, was more resistant to radiation in the larval stage. BURKHOLDER *et al.* (1966), concluded that larvae of *A. siro* did not mature at dosages above 25 krad. Lower dosages were required to prevent larvae of many insects from developing to adults; 10 krad in the fruit flies (BALOCK *et al.*, 1966); *Heliothis virescens* (F.) (EL SAYED and GRAVES, 1969); 7 krad in *Spodoptera exigua* HB. (ZAKI *et al.*, 1970).

Our results indicated that the egg stage of *T. arabicus* was more susceptible than the larva to radiation injury, as indicated by the ability to transform to the adult stage (ELBADRY and ABD ELAAL, 1972). Production of adults was successful up to 12.9 krad, when 4-days-old eggs were irradiated. On the other hand, BURKHOLDER *et al.* (1966), reported that the most resistant stages of *A. siro* were the egg and hypopus (45 krad), and the least resistant was the larva 25 krad.

B. — *The effect of gamma radiation on fecundity, fertility, and sex ratio of T. arabicus treated as larvae*

Data on the effect of gamma radiation on fecundity, fertility and sex ratio of mites treated as larvae were summarized in table 1. Irradiation of larvae caused a linear decline in adults oviposition as the dose increased. Doses ranging between

15 and 25 krad produced significantly less oviposition than the controls. Similar results were obtained when the egg of *T. arabicus* was irradiated (ELBADRY and ABD ELAAL, 1972). Larvae received 30 krad gave rise to non ovipositing females.

Females, irradiated as larvae, produced fewer progeny and more non viable eggs as the dose was increased. Individuals exposed to 30 krad, as larvae, emerged without structural malformations.

TABLE I

Effect of gamma radiation on adult emergence, fecundity, fertility, and sex ratio of T. arabicus treated as newly hatched larvae

Effet des rayons gamma sur le nombre d'adultes, leur fécondité, leur fertilité et sur le sex ratio de T. arabicus : 1° à la suite de l'irradiation, 2° après traitement (irradiation) des larves nouveau-nées

Dose (krad)	Larvae to adults (%)	Fecundity (eggs/female)	Viable eggs (%)	Sex ratio (%)	
				♀	♂
0	94.80	112.85 ± 3.17	99.62	77.82	22.18
5	89.66	68.83 ± 5.75	80.35	72.00	28.00
10	93.61	59.00 ± 4.33	43.53	74.00	26.00
15	84.30	26.28 ± 3.98	25.00	82.60	17.40
20	75.00	10.88 ± 2.73	00.00	95.16	4.84
25	67.52	4.62 ± 3.25	00.00	100.00	00.00
30	59.34	0.00	—	100.00	00.00
40	27.28	0.00	—	100.00	00.00
50	9.10	0.00	—	100.00	00.00
60	0.00	0.00	—	—	—

Males showed more radio-sensitivity than females. At 20 krad few males were able to mature, while at 25 krad all emerged adults were females. Therefore the sex ratio of the developed population was in favour of females. ELBADRY (1965) reported similar results in *Gnorimoschema operculella* Z.

C. — *Effect of gamma radiation on development and longevity of T. arabicus treated as larvae*

Records on duration of the immature stages and longevity of emerged adults were taken only at sublethal doses, 5 and 10 krad. The results were summarized in table 2. Post larval development was slightly affected by irradiation. Retardation of development was observed as indicated by prolongation of duration of immature stages. Adults emerged after 5.7 and 6 days when irradiated at 5 and 10 krad respectively, compared to 5.4 days in the controls. Retardation in development of the immature stages after larval irradiation was also observed in insects by several authors (HOWDEN, 1957; DAVICH and LINDQUIST, 1962; ZAKI *et al.*, 1970).

Adult longevity was adversely affected due to larval irradiation. Short lived females and males were produced from irradiated larvae. The average life spans $\pm$ SD of 0, 5, and 10 krad treated males were 9.8 ± 0.98 , 7.15 ± 0.91 and 5.5 ± 0.69 days respectively. Length of the life span of adults decreased appre-

TABLE 2

Effect of gamma radiation on the duration of immature stages and adult longevity of T. arabicus treated as larvae

Effet des rayons gamma sur la durée des stades immatures et la longévité des adultes de T. arabicus à la suite de l'irradiation des larves

Dose (krad)	Duration of immature stages (days)				Adult Longevity	
	Larva	Protonymph	Deutonymph	Total	♀	♂
0	2.33 ± 0.53	1.22 ± 0.08	1.85 ± 0.09	5.40	10.47 ± 0.80	9.80 ± 0.98
5	2.40 ± 0.08	1.37 ± 0.07	1.94 ± 0.11	5.71	8.44 ± 0.46	7.15 ± 0.91
10	2.45 ± 0.06	1.44 ± 0.08	2.13 ± 0.09	6.02	7.40 ± 0.13	5.50 ± 0.69

ciably following dose of 10 krad. Adult females exposed to gamma rays as larvae were also shorter living than untreated mites (table 2). The authors recorded similar results when eggs of *T. arabicus* were treated with gamma radiation (ELBADRY and ABD ELAAL, 1971).

Reçu pour publication en février 1972.

RÉSUMÉ

EFFETS DES RADIATIONS GAMMA SUR LE TETRANYQUE *TETRANYCHUS ARABICUS* ATTIAH II. — IRRADIATION DES LARVES

Des larves nouveau-nées de *Tetranychus arabicus* ont été exposées aux rayons gamma du cobalt - 60 à différentes doses allant de 5 à 60 krad. La mortalité a été élevée chez les larves et les nymphes issues des larves nouveau-nées irradiées. Le retard de la croissance post-embryonnaire a été notable. Il y a eu une diminution progressive de la production des œufs lorsque la dose augmentait. A 30 krad les femelles n'ont pas déposé d'œufs. Les femelles issues de larves irradiées ont produit moins de descendants et plus d'œufs non viables. A 15 krad la viabilité des œufs a été réduite à 25 p. 100. La longévité des adultes a été diminuée. La diminution a été appréciable à 10 krad. Les mâles ont été plus sensibles à l'irradiation que les femelles. A 25 krad l'éclosion des mâles a été complètement inhibée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABBOTT W. S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Ent.*, **16**, 265-267.
BALOCK J. W., BURDITT A. K., SEO S. T., AKAMINE E. K., 1966. Gamma radiation as a quarantine treatment for Hawaiian fruit flies. *J. Econ. Ent.*, **59**, 202-204.

- BEAVERS J. B., HAMPTON R. B., TOBA H. H., MORENO D. S., 1971. Some effects of gamma irradiation or the chemosterilant Tapa, on the citrus red mite and its progeny. *J. Econ. Ent.*, **64**, 72-75.
- BURKHOLDER W. E., TILTON E. W., COGBURN R. R., 1966. Effects of gamma radiation on the grain mite *Acarus siro*. *J. Econ. Ent.*, **59**, 976-980.
- DAVICH T. B., LINDQUIST D. A., 1962. Exploratory studies on gamma radiation for the sterilization of the boll weevil. *J. Econ. Ent.*, **55**, 164-167.
- ELBADRY E. A., 1965. Some effects of gamma radiation on potato tuber worm *Gnorimoschema operculella* (Lepidoptera, Gelichiidae). *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **58**, 206-209.
- ELBADRY E. A., ABD ELAAL M. A., 1972. Effects of gamma radiation on the spider mite *Tetranychus arabicus* ATTIAH. I. Irradiation of eggs. *J. Econ. Ent.*, in press.
- EL SAYED E. I., GRAVES J. B., 1969. Effects of gamma radiation on the tobacco budworm. III. Irradiation of eggs and larvae. *J. Econ. Ent.*, **62**, 296-298.
- HENNEBERRY T. J., 1964. Effects of gamma radiation on the fertility of the two-spotted spider mite. *J. Econ. Ent.*, **57**, 672-674.
- HOWDEN H. F., 1957. Investigations on sterility and deformities of *Onthophagus* induced by gamma radiation. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **50**, 1-9.
- KUMYANTSEV P. D., RATANOVA V. F., 1958. Effects of ionizing radiations on grain mites (in Russian). *Trudy vses. n.-l. in-ta zerna i produktov ego pererabotki*. (Trans. All-Un. sci. Res. Inst. Grains and Products of Processed grain), **35**, 55-57.
- MELVILLE C., 1958. An apparent beneficial effect of gamma radiation on the flour mite. *Nature* **181**, 1403-1404.
- NICHOLAS R. C., WIAINT D. E., 1959. Radiation of important grain-infesting pests; order of death curves, and survival values for the various metamorphic forms. *Food Technology*, **13**, 58-62.
- RODRIGUEZ J. G., 1953. Detached leaf culture in mite nutrition studies. *J. Econ. Ent.*, **46**, 713.
- ZAKI M. M., ELBADRY E. A., WAKID A. M., AHMED M. Y., 1970. Effects of gamma radiation on the larval stage of the lesser cotton leaf worm *Spodoptera exigua* HB. *Z. angew. Entomol.*, **66**, 54-59.
-

DISTRIBUTION DE L'ANGUILLULE
DES BULBES ET DES TIGES,
DITYLENCHUS DIPSACI (KÜHN) FILIPJEV, DANS LE SOL,
A L'INTÉRIEUR D'UN FOYER D'ATTAQUE SUR TRÈFLE

G. CAUBEL, D. MUGNIERY et R. RIVOAL

avec la collaboration technique de M. BOSSIS

Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie,
Centre de Recherches, I. N. R. A.,
École nationale supérieure agronomique,
35 - Rennes

RÉSUMÉ

Dans une parcelle de trèfle violet contaminée par les semences, les dégâts de l'Anguillule des bulbes et des tiges, *Ditylenchus dipsaci*, se manifestent sous forme de zones circulaires dispersées sur toute la parcelle. A l'intérieur d'un foyer d'attaque, la répartition du Nématode dans le sol est très hétérogène. Sur une série de prélèvements, la variance des dénombrements est proportionnelle à une puissance fractionnaire de la moyenne ; la règle de TAYLOR (1961) ou « loi puissance » s'applique donc. Par une transformation logarithmique des données, la variance devient indépendante de la moyenne, ce qui rend possible l'analyse de variance. Celle-ci montre que le centre de la tache est beaucoup plus peuplé que sa périphérie. La loi de distribution est voisine d'une loi binomiale négative, ce qui indique une forte agrégation du Nématode.

Connaissant le type de distribution du Nématode dans le sol, on peut définir une méthode d'échantillonnage. Les prises élémentaires sont à effectuer dans la couche 0-20 cm, là où se localise presque exclusivement *Ditylenchus dipsaci*. Le nombre de prélèvements élémentaires nécessaires pour évaluer la densité de population est indiqué par diverses méthodes : dans une zone localisée d'attaque de quelques mètres carrés, ce nombre peut être fixé aux alentours de 50 à 70.

I. — INTRODUCTION

L'Anguillule des bulbes et des tiges, *D. dipsaci*, est un prédateur des parties aériennes de nombreuses plantes dans lesquelles il se développe et se multiplie. Les tissus végétaux et plus particulièrement les organes de conservation et les semences assurent une dissémination importante du nématode. Toutefois, une partie de sa vie se passe dans la terre où s'effectuent, par exemple, ses déplacements et son main-

tien ; le sol constitue donc une autre source de contamination. L'étude qui suit vise à apprécier la répartition spatiale du nématode au champ, dans une zone localisée. Dans une telle zone, le type de distribution, l'effet de la distance et de l'orientation sur la répartition du nématode sont envisagés, ainsi que la détermination empirique d'un mode de prélèvement permettant d'évaluer la densité de population de *D. dipsaci* dans le sol.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

Une série de prélèvements de sol est effectuée en mars, dans une culture de trèfle violet présentant des dégâts très marqués. Les attaques s'observent précocement durant l'année qui suit le semis sous forme de zones où les plantes se rabougrissent et dépérissent. Ces taches circulaires, de faibles dimensions à cette époque, sont caractéristiques des contaminations par les semences. Pour évaluer les densités de population de cette espèce dans les sols, les nématologistes prélèvent généralement de nombreuses prises élémentaires de 20 g environ chacune. Du fait de la localisation superficielle du nématode, la profondeur prospectée doit atteindre 15 à 20 cm. L'extraction quantitative des individus porte sur 500 à 1 000 g pour des raisons d'ordre pratique. Dans une zone circulaire de 80 cm de diamètre, 100 prises d'échantillons sont effectuées avec une gouge semi-cylindrique de 1,5 cm de diamètre et sur une profondeur d'environ 15 cm, de manière à obtenir une carotte d'environ 20 g. Les 100 prises élémentaires, réalisées de façon régulière dans dix portions de surfaces identiques, sont réparties sur la totalité de la zone atteinte. Celle-ci est divisée en cinq portions centrales et cinq portions de la couronne correspondante, chacune de ces surfaces élémentaires étant à peu près égale.

L'extraction des nématodes du sol est effectuée en déposant 20 g de chaque échantillon directement sur un tamis de 20 cm de diamètre et de 1 mm d'intermaille recouvert d'un papier-filtre fin. *D. dipsaci* ainsi que les autres nématodes extraits sont dénombrés dans la totalité de la suspension. A l'époque du prélèvement, certaines plantes avaient disparu au centre de la tache ; d'autres présentaient des symptômes caractéristiques d'attaque ; à l'extérieur de la zone considérée les plantes avaient une apparence normale.

III. — RÉSULTATS

A. — Type de distribution de *D. dipsaci* dans un foyer d'attaque

Les dénombrements de *D. dipsaci* dans chaque prélèvement élémentaire montrent une grande variabilité des niveaux de population dans chaque secteur et entre les secteurs (fig. 1 et 2 A). Cette hétérogénéité importante ne s'observe pas aussi nettement pour les diverses espèces de nématodes rencontrés dans le sol, considérées comme un ensemble (larves d'*Heterodera trifolii*, *Tylenchorhynchus* sp., *Panagrolaimidae*, *Rhabditidae*...) (fig. 2 B).

La loi de distribution des densités du nématode n'est pas du type normal ; elle ressemble à une binomiale négative. L'écart par rapport à cette loi a été testé mais il est cependant statistiquement significatif étant donné l'écart trop important pour 2 classes de dénombrements, comme le montre la figure 2 où sont reportées les valeurs des fréquences théoriques pour une moyenne égale à 27 et un exposant k , paramètre de la distribution ($k = \frac{m^2}{s^2 - m}$), égal à 0,33. Il convient de transformer les données pour pouvoir appliquer une analyse de variance. Le choix de la transformation à effectuer peut être indiqué par l'étude de la relation entre les moyennes et les variances

d'une série d'échantillons. Dans les dix secteurs, les variances ne sont pas indépendantes des moyennes (fig. 3). TAYLOR (1961) indique que la dispersion spatiale d'animaux est telle que la variance est proportionnelle à une puissance fractionnaire de la moyenne (règle de la « loi puissance » ou « power law ») ; de plus, le choix d'une transformation peut être indiqué par la valeur de l'exposant b défini par la relation

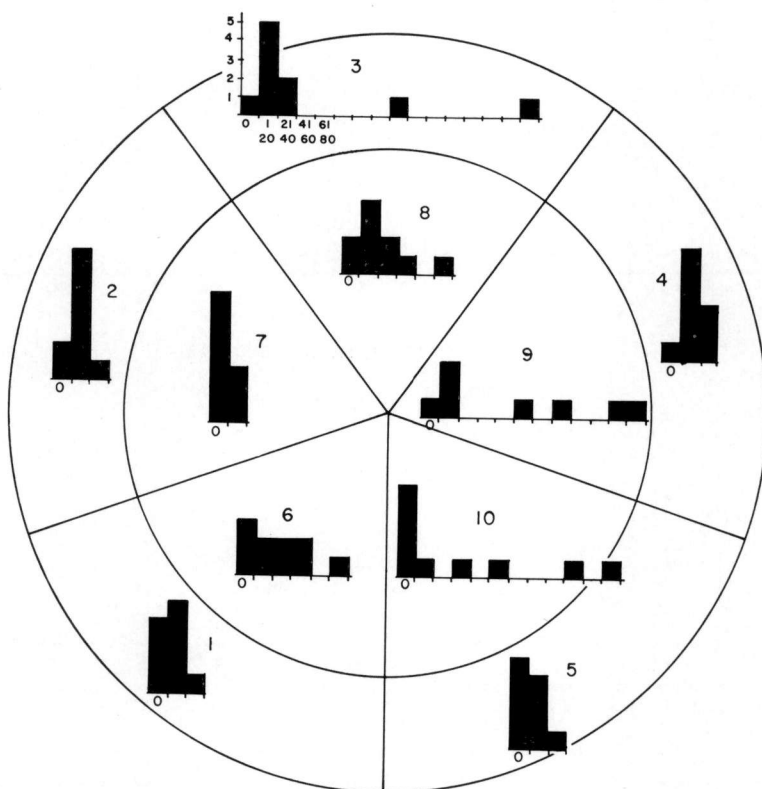


FIG. 1. — Distribution des densités de population de *D. dipsaci* dans 20 g de sol prélevé dans 10 portions d'une zone d'attaque

Le graphique représenté dans chaque portion porte en abscisse les classes d'abondance du nématode dans les 10 prélèvements élémentaires et en ordonnée l'effectif de ces dénombrements.

$s^2 = am^b$ où s^2 et m sont respectivement la variance et la moyenne, a étant un facteur d'échantillonnage et b un « indice d'agrégation ». La valeur de b correspond à la pente de la droite d'ajustement entre $\log s^2 = X$ et $\log m = Y$ soit

$$b = \frac{(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{(Y - \bar{Y})^2} \text{ ce qui donne ici } b = 2,16. \text{ Pour } b \text{ voisin de } 2, \text{ TAYLOR}$$

conseille une transformation logarithmique ⁽¹⁾. En raison de l'absence de *D. dipsaci* dans certaines prises, il est préférable d'utiliser la formule $\log(x + 1)$. Cette transformation semble satisfaisante puisque la variance reste alors relativement indépendante de la moyenne.

(1) — Pour $b = 0,75, 1$ et 4 , les transformations correspondantes sont recommandées : $1/\sqrt{x}$, $\sqrt{x}$, $1/x$.

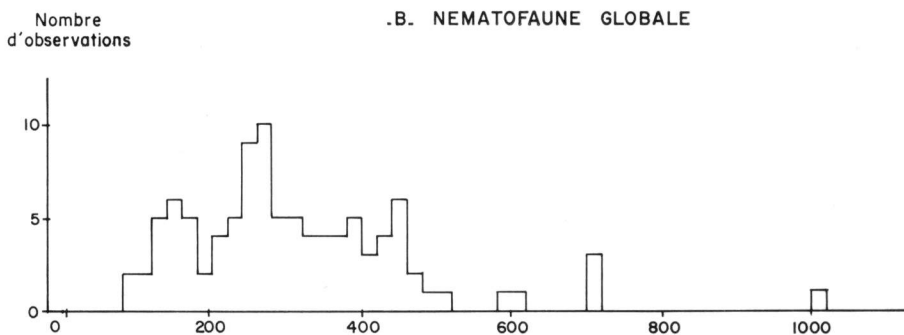
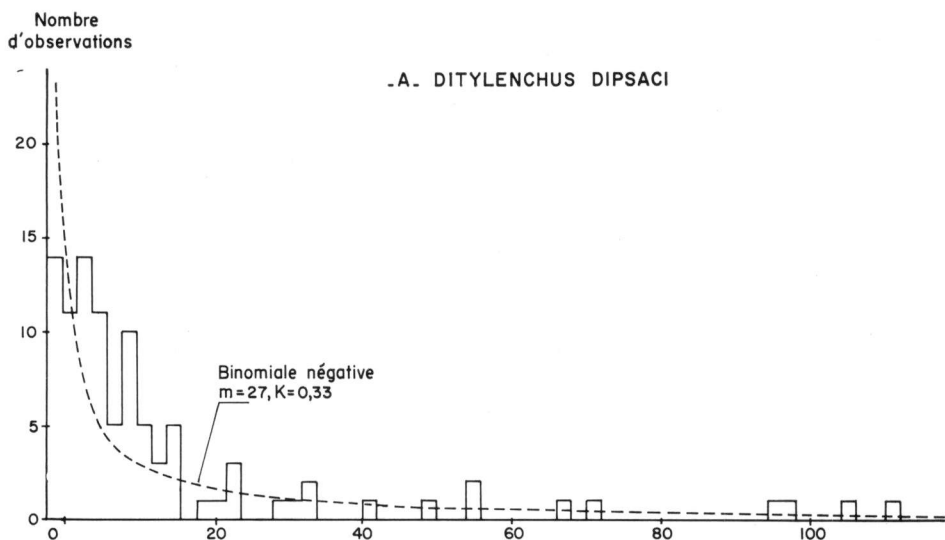


FIG. 2. — Distribution des densités de population de nématodes pour 20 g de sol dans 100 prélèvements effectués dans une zone d'attaque

A. *Ditylenchus dipsaci*.

B. Nématofaune globale, *D. dipsaci* exclus.

Dans le graphique A, trois densités de *D. dipsaci* ne figurent pas : 146, 369 et 802. La courbe pointillée représente la binomiale négative ayant une moyenne $m = 27$ et un exposant $k = 0,33$ (voir explication dans le texte).

TABLÉAU I

Répartition de *D. dipsaci* dans une zone d'attaque :
effet de la distance par rapport au centre et de l'orientation des portions,
par analyse de variance après transformation $\log (x + 1)$

La densité de population moyenne pour 20 g est de 27,4 sur l'ensemble des prélèvements ;
elle est de 46,3 dans la partie du centre et de 8,5 dans la périphérie

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés d'écarts	Variance	F calculé	Signification
Ensemble	90	22,653	0,251		
Distance	1	9,560	9,560	38	**
Orientation	4	3,011	0,753	3,0	*
Distance $\times$ orientation ..	1 $\times$ 4	1,900	0,475	1,8	NS

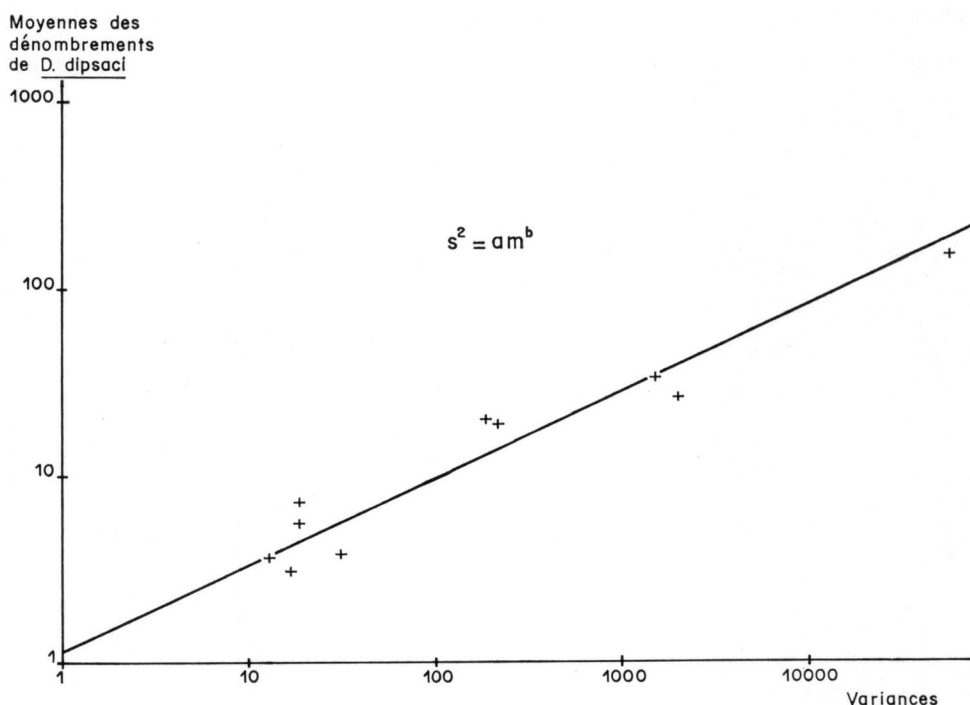


FIG. 3. — Relation entre les variances (s^2) et les moyennes (m) des dénombrements de *D. dipsaci* pour 10 séries de prélèvements de 20 g chacun

Règle de la loi puissance de TAYLOR, $s^2 = am^b$ (échelles logarithmiques)

B. — Effet de la distance et de l'orientation

Plusieurs facteurs interviennent sur la distribution de *D. dipsaci* : il s'agit notamment de l'orientation ou direction et de la distance à partir du centre. L'analyse de variance (tabl. 1) montre qu'il n'y a pas d'interaction entre la distance et l'orientation, que l'effet distance est hautement significatif, le centre de la tache étant nettement plus peuplé et enfin, que l'effet de l'orientation est significatif, mais à un degré nettement moindre, que celui de la distance à partir du centre.

C. — Conséquences sur le mode d'évaluation des densités de populations

La zone où l'on prélève l'échantillon semble importante à considérer du fait que la partie centrale est plus peuplée que la couronne extérieure. Afin d'obtenir une densité « moyenne » il est nécessaire de prélever à la fois dans la partie centrale et aux alentours. On peut prévoir que le nombre de prélèvements à effectuer devra être élevé puisque l'espèce se distribue par agrégats.

Plusieurs procédés empiriques, répertoriés par CANCELA DA FONSECA et VANNIER (1969), donnent une estimation de la limite inférieure du nombre n de

prélèvements à effectuer (tabl. 2). Ainsi HEALY (1962) décrit une méthode simple consistant à trouver la valeur de n de façon à ce que l'expression $\frac{m\sqrt{n}}{s}$ devienne supérieure à la valeur de t donnée par les tables, pour $(n - 1)$ degrés de liberté.

TABLEAU 2

*Évaluation du nombre de prélèvements à effectuer
pour une étude quantitative des populations de D. dipsaci dans le sol
(présentation directement inspirée de CANCELA DA FONSECA, 1969)*

Prélèvements préliminaires $n = 100$, Moyenne $m = 27,4$	
Données transformées en $\log(x + 1)$	
	$m = 0,907$
	$s^2 = 0,251$
	$s = 0,501$
	$s_m = 0,050$
Calcul du nombre n de prélèvements à effectuer pour $P = 0,05$ $P = 0,01$	
• HEALY (1962)	$t = \frac{m\sqrt{n}}{s}$ $n = 4$ $n = 9$
• DAGNELIE (1964)	$d = s_m$ $n = 384$
• CANCELA DA FONSECA (1969)	$d = 0,3$ $m = 0,27$ $n = 13$ $n = 22$
	$d = 0,2$ $m = 0,09$ $n = 29$ $n = 51$
	$d = 0,1$ $m = 0,18$ $n = 118$

TABLEAU 3

*Influence du nombre de prélèvements de 20 g sur la précision
de la densité moyenne de D. dipsaci*

(données transformées selon $\log(x + 1)$,
la moyenne $m = 0,907$ et la variance totale $s^2 = 0,251$ sont supposées constantes)

Nombre de prélèvements	Erreur-type	Intervalle de confiance de la moyenne ⁽¹⁾
100	0,050	$0,907 \pm 0,10$
81	0,056	— 0,11
64	0,063	— 0,12
49	0,071	— 0,14
36	0,083	— 0,16
25	0,100	— 0,20

⁽¹⁾ Le calcul est effectué avec une valeur de t constante et égale à 2.

DAGNELIE (1964) fixe une marge d'erreur d égale à l'erreur standard (s_m) et calcule n en fonction de la variance ($n = \frac{3,84 s^2}{d^2}$ et $n = \frac{6,63 s^2}{d^2}$ respectivement pour les seuils 5 p. 100 et 1 p. 100). CANCELA DA FONSECA estime empiriquement que d peut être

évalué par 0,3 m ou 0,2 m voire 0,1 m. La méthode d'HEALY donne un nombre de prélèvements très bas, même au seuil 1 p. 100 ; par le calcul de CANCELA DA FONSECA, ce nombre est supérieur et encore plus si on utilise celui de DAGNELIE.

A titre indicatif, le tableau 3 indique les limites théoriques de confiance de cette moyenne quand le nombre de prélèvements diminue, en supposant que la moyenne et la variance ne changent pas.

IV. — DISCUSSION

La distribution de *D. dipsaci* dans le sol d'un foyer d'attaque sur trèfle violet est hétérogène ; elle ressemble à une loi binomiale négative. Il est clair que le nématode se rencontre dans le sol sous forme d'agrégats. C'est ce qu'indique également la valeur de l'exposant b , ou « indice d'agrégation », de la règle de TAYLOR. La valeur de b trouvée ici (2,16) est voisine de celle calculée par cet auteur pour l'Oligochète *Allolobophora chlorotica*, selon les données de GÉRARD (1960). Plusieurs auteurs ont montré que divers organismes du sol s'y distribuent selon une loi binomiale négative : il s'agit de stades souterrains d'insectes (MUKERJI, HARCOURT, 1970), d'Enchytreides (ABRAHAMSEN, STRAND, 1970), de microarthropodes (in ABRAHAMSEN et CANCELA DA FONSECA). Peu d'études concernent les nématodes ; toutefois à l'échelon de parcelles de grande surface, MERNY et LUC (1969) observent qu'en réalisant 100 prélèvements de 250 cm³ dans une rizière de 1 hectare, les espèces radicales suivantes *Hirschmanniella spinicaudata*, *Heterodera sacchari* et *Xiphinema* sp. se distribuent selon une loi binomiale négative. La probabilité de trouver un individu n'est donc pas indépendante des autres. Cette disposition en foyers rend aléatoire tout échantillonnage sur une grande surface. Ce qui est observé à l'échelon de la grande parcelle pour des espèces radicales est donc également constaté pour *D. dipsaci* sur de petites zones localisées. Cela peut s'expliquer par la faible dissémination active de ce nématode et par l'influence marquée de sa multiplication sur les plantes-hôtes. En considérant la nématofaune globale, la distribution est plus régulière ; en effet, les nématodes colonisent toute la couche arable du sol ; ainsi dans la tache étudiée, pour 1 *D. dipsaci* rencontré en moyenne dans 0,70 g de sol, il y a environ 10 individus appartenant à d'autres espèces. C'est pourquoi il est impossible de transposer directement aux autres espèces du sol les résultats obtenus pour *D. dipsaci*.

Le nématode est retrouvé en abondance dans le sol, au niveau de la plante dans laquelle il se multiplie à l'origine de l'infestation. Par ailleurs, il n'y a pas de direction préférentielle de progression très marquée, du moins avant la première coupe. Il est donc logique, *a posteriori*, d'observer que le centre d'un foyer d'attaque soit plus peuplé que la bordure et que, dans le champ, les taches soient circulaires.

La concentration de cette espèce de nématode dans des zones particulières du sol rend difficile l'évaluation des densités de populations au niveau du champ. En considérant une zone d'attaque localisée, il est possible d'obtenir une estimation satisfaisante en effectuant cent prises élémentaires de 20 g chacune, réparties sur toute la surface considérée et même en diminuant ce nombre à des valeurs comprises entre 50-70 (tabl. 3), puisque la précision reste théoriquement satisfaisante si le nombre de prises élémentaires est d'environ 50. Ceci correspond aux méthodes uti-

lisées dans les sols d'oignons par SEINHORST (1956) qui en prélève 60 pour une surface de 2 m² et par KAAI (1967) qui en prélève 80 pour 1 m², mais il était nécessaire d'examiner ce qu'il en était dans une culture de trèfle violet pour laquelle la contamination n'est pas assurée par le sol mais par les semences.

L'influence de la taille du prélèvement élémentaire n'a pu être testée mais le mode opératoire utilisé est en fait lié à la répartition superficielle de cette espèce de nématode. La taille semble convenir *a posteriori* car les densités de population rencontrées dans chaque prise sont suffisamment élevées. Il faut tenir compte aussi que, dans un but pratique, il est nécessaire de se limiter à l'extraction d'un échantillon final de l'ordre de 500 à 1 000 g.

Il s'agit de dénombrements globaux mais, dans des études écologiques, c'est la structure de la population qu'il faut considérer, et celle-ci ne peut être déterminée que sur un nombre suffisant d'individus.

L'étude du type de distribution de *D. dipsaci* dans une zone d'attaque a donc permis de caractériser cette espèce dans le sol par « l'indice d'agrégation » défini par TAYLOR et de tirer une méthode d'évaluation de ses densités de populations pouvant servir à une étude écologique de terrain.

Reçu pour publication en avril 1972.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement M. J. ARNOUX, Directeur du Service de Biométrie I. N. R. A., Versailles pour l'aide qu'il a bien voulu leur accorder en ce qui concerne les aspects statistiques.

SUMMARY

DISTRIBUTION OF THE STEM NEMATODE, *DITYLENCHUS DIPSACI* (KÜHN)
FILIPJEV, IN SOIL WITHIN THE CENTRE OF ATTACK IN RED CLOVER

Damages on red clover caused by stem nematode *Ditylenchus dipsaci* by seed transmission consist in circular patches dispersed all over the field. Within such a patch, the distribution of this nematode in soil is heterogeneous. To realise a statistic study on the repartition of *D. dipsaci* in soil (variance analysis e.g.), it is necessary to use a transformation; here $\log(x + 1)$ is adequate. The power law of TAYLOR (1961) is available since the variance of the density of population is proportional to a fractional power of the mean. The variance analysis shows that centre of the patch is more crowded than periphery. The distribution of *D. dipsaci* is of aggregative type. All other species together are more abundant and have a more regular distribution.

Some methods can then be used to determine a sampling technique. An estimation of the density of population of *D. dipsaci* may be obtained with 50 sampling units of 20 g each, made to a depth of 15-20 cm where the nematode is concentrated.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABRAHAMSEN G., STRAND L., 1970. Statistical analysis of population density data of soil animals, with particular reference to *Enchytraeidae* (Oligocheta). *Oikos*, **21**, 276-284.
 CANCELA DA FONSECA J.-P., VANNIER G., 1969. Échantillonnage des Microarthropodes du sol, in LAMOTTE, BOURLIÈRE. *Problèmes d'écologie*, 207-236. Édit. Masson, Paris.
 CAUBEL G., 1969. Importance des problèmes posés par l'Anguillule des bulbes et des tiges *Ditylenchus dipsaci* dans l'Ouest de la France. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 497-507.

- HEALY M.J. R., 1962. Some basic statistical techniques in soil zoology, in MURPHY'S. *Progress in soil Zoology*. 3-9, London, Butterworths.
- KAAI C., 1967. Control of stem nematode attack in onion with OO-diethyl 02-pyrazinylphosphorothioate (« Zinophos ») and O-phenyl NN-dimethyl phosphorodiamide (« Nellite »). *Nematologica*, **13**, 605-617.
- MERNY G., LUC M., 1969. Les techniques d'échantillonnage des peuplements de nématodes dans le sol, in LAMOTTE, BOURLIÈRE. *Problèmes d'écologie*, 237-272. Edit. Masson, Paris.
- MUKERJI M.-K., HARCOURT D.-G., 1970. Spatial pattern of the immature stages of *Hylemyia brassicae* on cabbage. *Can. Ent.*, **102**, 1216-1222.
- SEINHORST J.-W., 1956. Population studies on stem eelworms *Ditylenchus dipsaci*. *Nematologica*, **1**, 159-164.
- TAYLOR L.-R., 1961. Agregation, variance and the mean. *Nature*, Lond., **189**, 732-735.
-

QUELQUES DONNÉES SUR LA REPRODUCTION
ET SUR LA DYNAMIQUE
DES POPULATIONS DU RAT MUSQUÉ
ONDATRA ZIBETHICA L. DANS LE NORD DE LA FRANCE

J.-P. VINCENT et J.-P. QUÉRÉ

*Laboratoire des Petits Vertébrés,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78 - Jouy-en-Josas*

RÉSUMÉ

L'étude de la reproduction et de la dynamique des populations de Rats musqués a été faite dans le nord de la France, dans les départements de la Somme et du Pas-de-Calais, en utilisant le piégeage bimestriel d'échantillons importants d'animaux dans différents milieux, ainsi que l'autopsie des cadavres.

La reproduction s'étend sur 6 mois (entre mars et août) au cours desquels des femelles ont en moyenne 2 portées (de 0 à 4) de 6 petits. Un pourcentage faible et variable de jeunes femelles se reproduit l'année de naissance (2 à 8 p. 100). De même, 11 p. 100, et 14 p. 100 des femelles et des mâles respectivement ne se reproduisent pas.

Les organes génitaux mâles (testicules et vésicules séminales) ont un cycle de développement au cours de l'année qui est en rapport avec les variations de l'augmentation de la longueur du jour.

La structure par âge a été déterminée à l'aide d'une échelle basée sur le poids des cristallins. Les populations apparaissent composées d'une forte proportion de jeunes (adultes et jeunes de l'année), les adultes de 2 et 3 ans étant très vite éliminés.

La proportion des sexes est en faveur des mâles. Celle des jeunes de l'année (58 p. 100) est significativement différente de celle des adultes (52 p. 100).

L'étude en nature de la croissance montre que, dès l'entrée de l'hiver, les jeunes ont atteint leur taille adulte. A ce moment, on ne note plus de différence entre les animaux nés en début de saison et ceux nés en fin de saison de reproduction. Il existe une différence pour ces deux groupes d'individus dans la croissance durant les 2 premiers mois. Les rats de fin de saison grandissent plus vite que leurs frères du début d'année ; ensuite, les taux de croissance sont les mêmes.

INTRODUCTION

Introduit en France depuis 1920, le Rat musqué (*Ondatra zibethica* L.) s'est bien installé et a peu à peu étendu son aire de répartition à la plus grande partie du pays. On rencontre actuellement les trois situations suivantes :

- 1° populations naturelles non soumises à la pression de piégeage,
- 2° populations soumises à une forte pression de piégeage, donc en perpétuel renouvellement,
- 3° populations s'installant dans des territoires nouveaux,

Cette étude porte sur des populations d'Ondatras soumises depuis bientôt 14 ans à une très forte pression de piégeage (nord de la France).

Le prélèvement bimestriel de 100 à 300 animaux dans les départements de la Somme et du Pas-de-Calais pendant 3 années consécutives nous a fourni environ 3 000 individus. Les échantillons proviennent de divers milieux : le Marais (marais du Marquenterre), la Rivière (vallées de la Somme, de la Liane, du Wimereux, de la Slack, de l'Aa et de la Hem), les Polders (région de Calais, Gravelines).

Lors de l'autopsie de chaque individu, l'examen et la mesure de différents organes nous ont permis d'établir le cycle de reproduction de l'espèce dans cette région, la structure et la dynamique des populations, ainsi que la croissance pondérale en nature.

I. — CYCLE DE REPRODUCTION

Les résultats rapportés dans ce chapitre proviennent de l'examen de l'état des organes génitaux mâles et femelles des animaux autopsiés. La distinction entre animaux adultes et juvéniles fut faite d'après la méthode d'ERRINGTON (1937). Chez les mâles, des mesures du poids et de la taille des testicules et des vésicules séminales nous ont servi à décrire leur cycle physiologique saisonnier.

1. — Époque de la reproduction

Dans son pays d'origine (Amérique), le Rat musqué montre des possibilités très larges quant à la durée de la période de reproduction. Cela peut aller d'une reproduction continue tout au long de l'année comme en Californie (DIXON, 1922) ou en Louisiane (SVIHLA et SVIHLA, 1931) à une reproduction bloquée sur quelques mois (MC CANN et BONDAR, 1963). En Europe, MOENS (1961) situe la reproduction entre mars et août.

Le tableau 1 présente l'évolution du nombre de femelles adultes gestantes au cours de l'année. On constate que la reproduction s'étend sur 6 mois, entre mars et août, avec un maximum situé en juin. On note également la chute brutale du nombre de femelles gestantes en septembre. Ce schéma général comporte cependant des

exceptions. Selon les années et les conditions atmosphériques, on peut trouver de très jeunes animaux (entre 0 et 1 mois) tard dans la saison (novembre). Nous ne connaissons pas les chances de survie de ces animaux, ni l'importance de leur participation à la dynamique de la population, mais elles risquent d'être assez faibles.

TABLEAU I

Évolution du nombre des femelles gestantes au cours de l'année

Mois	J	F	M	A	M	J	J ^t	A ^t	S	O	N	D
% de femelles gestantes	0	0	2	35,6	49,9	76,3	38,6	9,5	0	0	0	0
← 6 mois →												

2. — Nombre d'embryons par portées

Les données de la littérature indiquent que le nombre d'embryons par portée est variable (SATHER, 1958). Travaillant dans la vallée de l'Escaut en Belgique, MOENS estime à 7 petits le nombre de jeunes par portée avec des différences entre les 3 portées observées.

TABLEAU 2

Nombre d'embryons par femelle
Distribution des moyennes mensuelles (1969-70-71)

Mois	J	F	M	A	M	J	J ^t	A ^t	S	O	N	D
Nombre moyen d'embryons	0	0	5,5	6,0	6,1	6,1	6,2	5,5	0	0	0	0

TABLEAU 3

Distribution de fréquence de la taille des portées (1969, 70, 71)

Taille des portées	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total	Moyenne
Fréquence	1	1	3	12	36	31	21	10	4	4	0	0	1	124	5,98 5,82-6,14

Le terme de portée s'applique ici à l'ensemble des embryons dénombrés *in utero*, et non pas au nid après la parturition. On ne tient donc pas compte de la mortalité en fin de période de gestation ni de la mortalité à la naissance. L'examen des moyennes

mensuelles du nombre d'embryons par femelles gravides (tabl. 2) montre que les variations d'un mois à l'autre sont faibles et statistiquement non significatives. La taille moyenne de la portée se situe autour de 6 petits. De même, si l'on dresse le tableau de la distribution de fréquence de la taille des portées, on trouve que la moyenne : 5,9 est comprise entre 5,8 et 6,1 (minimum 1-maximum 13 pour 124 portées dénombrées (tabl. 3).

Nous estimons donc à 6 petits la taille moyenne d'une portée dans cette région.

L'autopsie révèle bien souvent un certain nombre de régressions d'embryons. Ainsi, pour 646 embryons dénombrés, on a pu compter 665 implantations (19 régressions), soit un taux de régression *in utero* de 3 p. 100. Cela ne préjuge pas de l'importance des mortalités embryonnaires totales, car si tous les embryons régressent, l'utérus offre l'aspect d'une ancienne gestation (ALLEN, 1947).

3. — Nombre de portées par période de reproduction

La littérature anglo-saxonne est très abondante à ce sujet. Il semble que selon les climats on ait toutes les possibilités entre 6 à 8 portées par an comme en Louisiane (O'NEIL, 1949 cité par ERRINGTON, 1963) jusqu'à 1 portée par an dans le détroit de Mackensie (STEVENS, 1953). Pour sa part, MOENS en dénombre trois.

TABLEAU 4

Nombre de cicatrices placentaires par femelle
Distribution des moyennes mensuelles

Mois	J	F	M	A	M	J	J ^t	A ^t	S	O	N	D
Nombre moyen de CP		11,2	10,2	6,3	6,4	7,8	9,9	10,8	13,9	12,6	12,5	11,6
1^{re} portée 2^{eme} portée 3^{eme} portée												

La lecture des cicatrices placentaires nous a permis de dresser le tableau 4. On peut y suivre l'évolution du nombre moyen des cicatrices tout au long de l'année. Remarquons tout de suite qu'en fin d'année la lecture devient délicate, voire impossible dans certains cas (coalescence des taches). Cela explique la décroissance du nombre de cicatrices entre novembre et mars, ces derniers nombres étant donnés par défaut.

On remarque, par contre, entre avril et septembre, une progression du nombre de cicatrices placentaires chez les femelles. En se basant sur une portée moyenne de 6 petits (donc 6 cicatrices), on peut repérer 3 portées :

la première lisible à partir d'avril,	donc née à partir de mars
la seconde — — de juin,	— — — de mai
la troisième — — de septembre,	— — — d'août.

D'après un échantillon de fin d'année (septembre, octobre, novembre, décembre) on a établi la distribution de fréquence des cicatrices placentaires chez les femelles mûres (fig. 1). Bien que le nombre de données soit réduit ($n = 69$) en raison des difficultés de lecture signalées plus haut, on voit assez nettement apparaître 4 groupes représentant 4 portées.

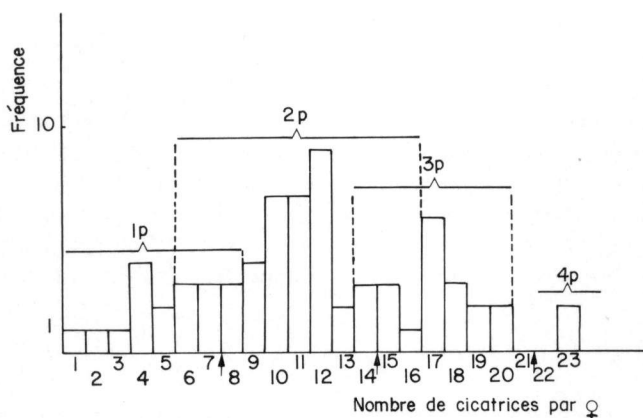


FIG. 1. — Distribution de la fréquence des cicatrices placentaires chez les femelles adultes en fin d'année (sept. oct. nov. déc.)

Les limites entre les paquets (indiquées par les flèches) impliquent un nombre de cicatrices placentaires par portée égal à 7. Nous avons vu précédemment que le nombre moyen de petits par portée était de 6. En négligeant les régressions *in utero*, on peut donc prendre une moyenne de 6 cicatrices par portée. Ces deux estimations sont assez voisines et permettent d'établir la répartition du nombre de portées chez les femelles (tabl. 5).

TABLEAU 5

Répartition du nombre de portées chez les femelles

En p. 100	7 cicatrices par portée	6 cicatrices par portée
Nbre de femelles ayant 1 portée	21,74	17,39
Nbre de femelles ayant 2 portées	50,75	47,83
Nbre de femelles ayant 3 portées	24,62	26,09
Nbre de femelles ayant 4 portées	2,89	8,69

La moyenne des nombres de cicatrices par femelle dans cet échantillon est de 11,52 (12,77-10,26). Le nombre moyen de portées par femelles dans la population est donc de 2.

OLSEN (1959) qui a mené une étude analogue dans le sud du Manitoba trouve les résultats suivants au cours de 2 années consécutives :

1955					1956				
1 portée	4 p. 100	des femelles			1 portée	2 p. 100	des femelles		
2 —	29 —	des —			2 —	24 —	des —		
3 —	57 —	des —			3 —	66 —	des —		
4 —	10 —	des —			4 —	5 —	des —		

4. — *Reproduction chez les femelles de l'année*

Cette question ne fait pas l'unanimité parmi les auteurs. ERRINGTON (1937) pense que les chances de reproduction des jeunes, l'année de leur naissance, dans le nord-ouest de l'Iowa sont négligeables. MOENS, au contraire, dénombre 7 p. 100 de jeunes femelles de l'année ayant eu une portée réduite entre la fin juillet et septembre.

L'analyse des cicatrices placentaires sur un échantillon groupant les mois de septembre, octobre et novembre nous a donné les résultats rassemblés dans le tableau 6.

TABLEAU 6

Nombre de jeunes femelles de l'année ayant donné naissance à une deuxième génération

CP = cicatrices placentaires
JA = jeunes de l'année

mois	S (69)	O (70)	N (69)	Total
Femelles JA avec CP	2	0	3	5
Femelles JA sans CP	102	82	94	278

5 jeunes femelles de l'année sur 283 portent des cicatrices placentaires, soit environ 2 p. 100. Mais ce résultat est variable selon les années. Ainsi, en juillet 1971, on dénombrait 3 jeunes femelles de l'année sur 36 portant des cicatrices placentaires, soit 8,6 p. 100.

Le nombre moyen d'embryons par portées pour ces jeunes femelles était de 4,12 (4,8 ... 3,4) ($n = 8$) donc significativement différent et inférieur à la taille d'une portée moyenne d'adultes plus âgés. Ce résultat est en accord avec ceux de MOENS.

5. — *Animaux stériles*

Selon la même technique de lecture des cicatrices, et sur le même échantillon que précédemment (tabl. 7), on trouve que 11,3 p. 100 de femelles adultes sont restées sans descendants.

Pour les mâles, on tient compte de critères testiculaires et séminaux. Le tableau 8 montre que 14 p. 100 des mâles adultes gardent des testicules et des vésicules séminales à caractère juvénile l'année qui suit leur naissance. Ces animaux ne participent donc pas à la reproduction.

TABLÉAU 7
Nombre de femelles stériles

mois	S (69)	O (70)	N (69)	Total
Femelles stériles	1	4	1	6
Femelles normales	4	15	18	47

TABLÉAU 8
Nombre de mâles adultes stériles

mois	S (69)	O (70)	N (69)	Total
Mâles à caractères de JA	5	1	1	7
Mâles normaux	13	19	11	43

Notons que, au cours d'essais d'élevage en captivité, les mâles des couples formés présentaient, en pleine saison de reproduction, des organes génitaux à caractère juvénile. Nous ne connaissons pas encore les raisons de cet état de choses.

II. — CYCLE DES ORGANES GÉNITAUX MÂLES

Comme c'est le cas pour beaucoup de rongeurs, les organes génitaux mâles suivent un cycle de développement au cours de l'année. Après la saison de reproduction s'amorce une régression des glandes sexuelles. Le développement reprend ensuite à l'approche de la nouvelle saison de reproduction. Pour essayer de caractériser ce cycle chez l'Ondatra, nous avons mesuré le poids et la taille des testicules et des vésicules séminales pendant 3 années consécutives (1969, 1970, 1971).

I. — Jeunes de l'année

Le tableau 9, illustré par la figure 2 présente les données. Le poids du testicule chez le jeune reste stationnaire tout l'été, oscillant entre 50 et 80 mmg, alors que

la croissance corporelle est importante et régulière. Dès le mois de novembre, le testicule commence à se développer. En février, on ne peut plus distinguer, par la taille du testicule, les jeunes de leurs parents.

TABLEAU 9

Évolution du poids du corps, du poids du cristallin et du poids du testicule chez les jeunes rats musqués
Les données des 3 années 69-70-71 sont groupées

Date	Poids du corps (g)	Poids du cristallin (mg)	Poids du testicule (mg)
Mai 71	287,20	10,33	51,61
Juin 70	388,00	13,74	72,11
Juillet 69	564,00	17,45	81,04
Août 70	650,70	20,65	69,31
Sept. 69	739,90	22,60	58,28
Oct. 70	760,70	23,84	58,61
Nov. 69	891,70	27,00	69,62
Déc. 70	853,30	28,60	124,30

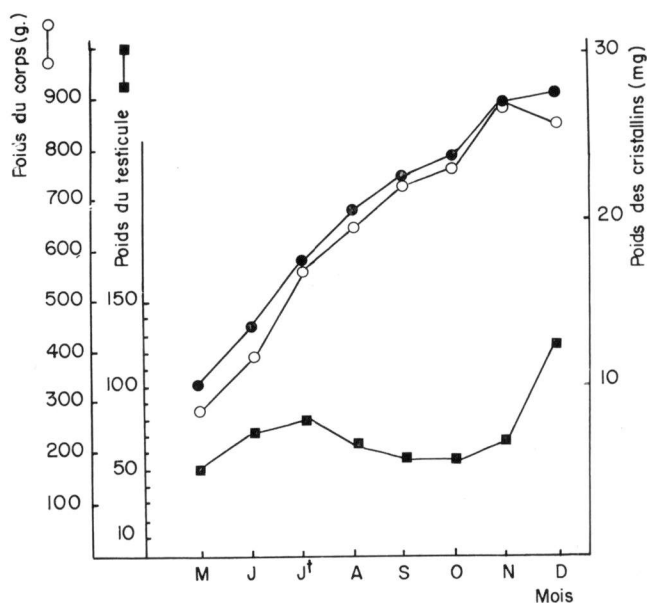


FIG. 2. — Évolution des poids du corps du cristallin et des testicules chez les jeunes de l'année

2. — Adultes

Testicules et vésicules séminales suivent un cycle régulier au cours de l'année chez les mâles adultes (fig. 3, tabl. 10).

Après le minimum d'octobre, la reprise de la croissance (un peu plus lente pour les vésicules séminales au début), s'amorce dès le mois de novembre pour atteindre

un maximum en juin ⁽¹⁾. La régression se déclenche ensuite très tôt ; en août les valeurs de février sont atteintes. Les deux paramètres choisis, poids et indice de taille (longueur $\times$ largeur) ont des évolutions comparables. Ces résultats s'accordent bien avec ceux qu'a trouvés BECKER (1970) travaillant en Bavière et à Berlin, en utilisant le volume du testicule.

TABLEAU 10

Évolution du testicule et des vésicules séminales des Ondatras adultes en fonction du temps

(Somme-Pas-de-Calais, 1969, 70, 71)

Les poids sont ramenés à 1 000 g de poids vif de l'animal

Date du relevé	Testicule		Vésicules séminales (poids)
	Poids mg	Indice (L $\times$ l) mm	
Juin 69	2 476,0	356,5	2 167,0
Juillet 69	1 847,0	303,8	1 160,0
Sept. 69	284,0	120,3	236,0
Nov. 69	348,0	115,7	164,2
Fév. 70	1 325,4	246,6	435,9
Av. 70	2 154,5	340,8	1 827,5
Juin 70	2 227,6	313,7	1 890,4
Août 70	1 079,4	208,8	517,9
Oct. 70	240,8	91,7	189,8
Déc. 70	462,3	122,8	219,3
Mars 71	1 651,6	288,1	1 172,7
Mai 71	2 071,9	312,0	1 799,7
Juillet 71	1 921,8	297,9	1 729,0
Sept. 71	262,2	101,6	242,5

En hiver, les testicules régressés sont fripés et de couleur brune. Cela permet de distinguer aisément les jeunes des adultes, en fin d'année (ERRINGTON, 1963).

La courbe de l'augmentation de la longueur du jour suit bien les variations de la taille et du poids des organes génitaux (fig. 3) avec un décalage d'environ 1 à 2 mois en avance. BECKER, qui a fait la même constatation, pense que le stimulus déclencheur de la croissance ou de la régression des organes génitaux est l'augmentation de la longueur du jour, plus que la durée du jour elle-même.

III. — STRUCTURE DES POPULATIONS

L'analyse de la structure d'une population est soumise à la connaissance aussi précise que possible de l'âge des individus qui la composent. Chez le Rat musqué, des critères d'âge nombreux ont été utilisés par les auteurs. Les principaux concernent l'aspect des organes génitaux internes (ERRINGTON, 1939) ou externes (BAUMGARTNER

⁽¹⁾ Ce maximum correspond à une photopériode claire de 15 à 16 heures par 24 heures. Ce résultat est en accord avec ceux de MARTINET (1963) travaillant sur le Campagnol des champs (*Microtus arvalis*).

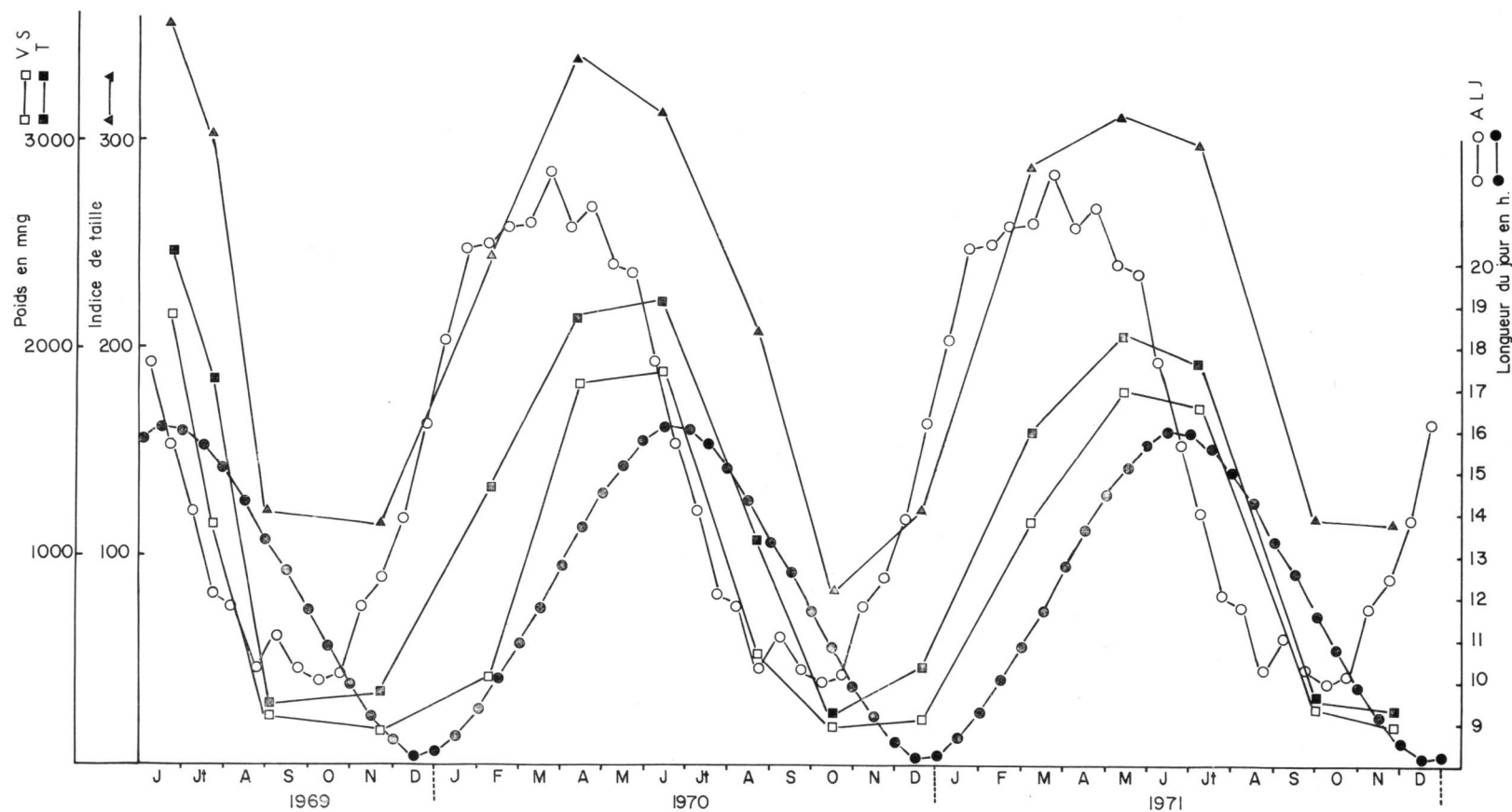


FIG. 3. — Cycle des organes génitaux chez le Rat musqué mâle adulte

VS = Vésicule séminale ;

T = testicule ;

ALJ = augmentation de la longueur du jour

Les mesures n'ont été faites que sur 1 seul testicule et 1 seule vésicule séminale

et BELLEROSE, 1953) ; la taille ou l'aspect des peaux (LAY, 1945 ; KELLOG, 1946) ; différentes mesures crâniennes (ALEXANDER, 1951 ; GOULD et KREEGER, 1948) ; des mesures dentaires (BROHN et SCHANKS, 1948 ; MOENS, 1961). Ces divers critères permettent en général la distinction entre jeunes et adultes et entre différents groupes de jeunes. Au-delà de 1 an, la séparation entre les générations est pratiquement impossible et, en tout cas, très imprécise.

Nous avons donc tenté d'utiliser un critère qui a déjà donné de bons résultats avec d'autres Microtinés (MARTINET, 1966) : le poids du cristallin de l'œil.

L'application de l'analyse des correspondances sur plusieurs critères d'âge employés chez le Rat musqué a montré que le poids du cristallin était un des meilleurs.

La conservation en élevage d'animaux jeunes (moins de 1 mois) capturés dans la nature et sacrifiés à 6 mois, 1 an, 18 mois, 2 ans nous a permis d'ébaucher une courbe de la croissance du cristallin en fonction de l'âge. Elle manque encore de précision par défaut des points 18 mois et 2 ans ; mais une extrapolation provisoire donne un schéma général de la structure de population dans la région étudiée.

Rappelons que des données sur la structure des populations et sur le sex ratio n'ont de valeurs sûres que dans la mesure où les probabilités de captures des différentes classes d'âge et des sexes sont connues. Cela revient à travailler sur les densités réelles de ces différents groupes. Sous ce rapport, les données présentées dans ce chapitre sont entachées d'erreur puisque nous raisonnons sur des échantillons non ramenés à des densités. Cependant le mode de prélèvement (pièges et nasses) conduisait dans bien des cas à un piégeage total d'une zone, et seuls les très jeunes individus pouvaient échapper en partie à la capture. Pour cette raison, nous pensons que sans être très précis, ces résultats présentent une bonne valeur indicative.

1. — Détermination de l'âge

Devant les difficultés rencontrées lors des essais de reproduction du Rat musqué en captivité, nous avons eu recours à la méthode suivante : au printemps on capture à la main dans les huttes, ou à la nasse aux terriers de jeunes animaux de moins de 1 mois. L'âge est déterminé avec précision par la méthode de RUSH (1953) (longueur de la queue). On maintient ensuite les animaux en captivité, par 4 ou 5 puis par 2, jusqu'à l'âge d'environ 2 mois. Ils sont alors isolés dans des cages individuelles, constituées par des clapiers de ciment ($70 \times 88 \times 60$ cm) garnis d'une abondante litière de paille et d'une baignoire (eau renouvelée chaque jour). La nourriture, disponible à volonté, comprenait betteraves, salade, pommes, carottes, maïs. Dans ces conditions, les animaux peuvent survivre plusieurs mois, voire même plusieurs années.

Les premiers résultats obtenus sont illustrés par la figure 4. La fiabilité de la courbe n'est bonne que jusqu'à 1 an. Nous l'avons prolongée au-delà en supposant que son allure générale (en coordonnées semi-logarithmiques) serait la même que celle des courbes obtenues avec d'autres rongeurs, c'est-à-dire une droite. Nous en avons tiré l'échelle d'âge suivante où nous classons les animaux en fonction du poids du cristallin :

0-1 mois = 0-10,3 mg ; 1-2 mois = 10,3-16 mg ; 2-4 mois = 16-21,6 mg ;
4-6 mois = 21,6-25 mg ; 6-8 mois = 25-27,4 mg ; 8-10 mois = 27,4-29,1 mg ;
10-12 mois = 29,1-30,4 mg ; 12-18 mois = 30,4-34,2 mg ; 18-24 mois = 34,2-38 mg ;
24-36 mois = 38-40 mg ; plus de 3 ans = plus de 40 mg.

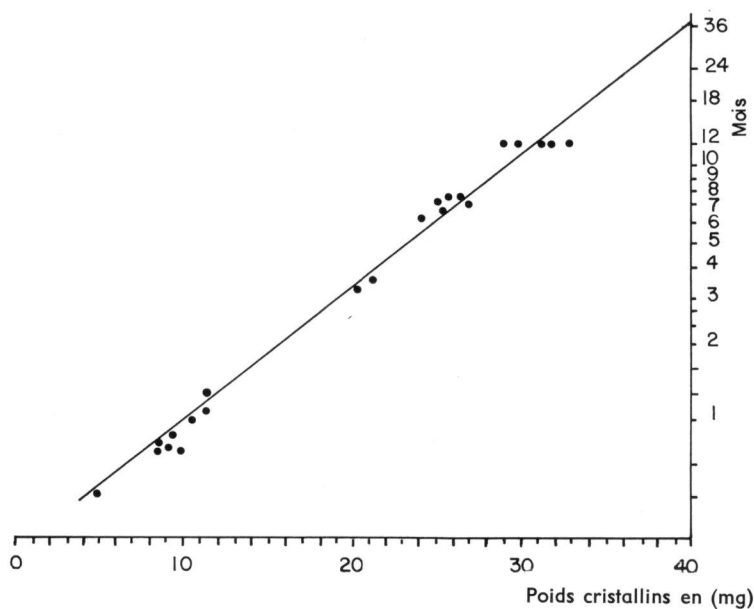


FIG. 4. — Croissance pondérale du cristallin de l'œil en fonction de l'âge

TABLÉAU II

Évolution au cours de l'année du nombre des animaux des différentes générations

JA = jeunes de l'année ;
 AD₁ = Adultes nés l'année précédente ;
 AD₂ = Adultes nés la 2^e année précédente ;
 AD₃ = Adultes nés la 3^e année précédente.

Mois	Catégories (%)			
	JA	AD ₁	AD ₂	AD ₃
Janvier	—	—	—	—
Février	1,70	54,35	34,85	9,10
Mars	0,25	60,40	35,00	4,35
Avril	0	66,85	23,92	9,20
Mai	22,85	35,70	29,30	12,15
Juin	34,20	29,66	29,70	6,44
Juillet	69,80	16,05	11,80	2,35
Août	77,25	12,00	6,85	3,90
Septembre	82,30	12,05	4,82	0,83
Octobre	84,20	10,50	3,25	2,05
Novembre ...	82,90	14,60	1,44	1,06
Décembre	56,45	34,94	2,70	5,91

2. — *Structure des populations*

Nous avons porté sur le tableau II l'évolution de l'importance relative des différentes générations au cours de l'année. Les figures 5 et 6 illustrent ce tableau. L'allure bimodale des courbes indique que les animaux se répartissent en deux

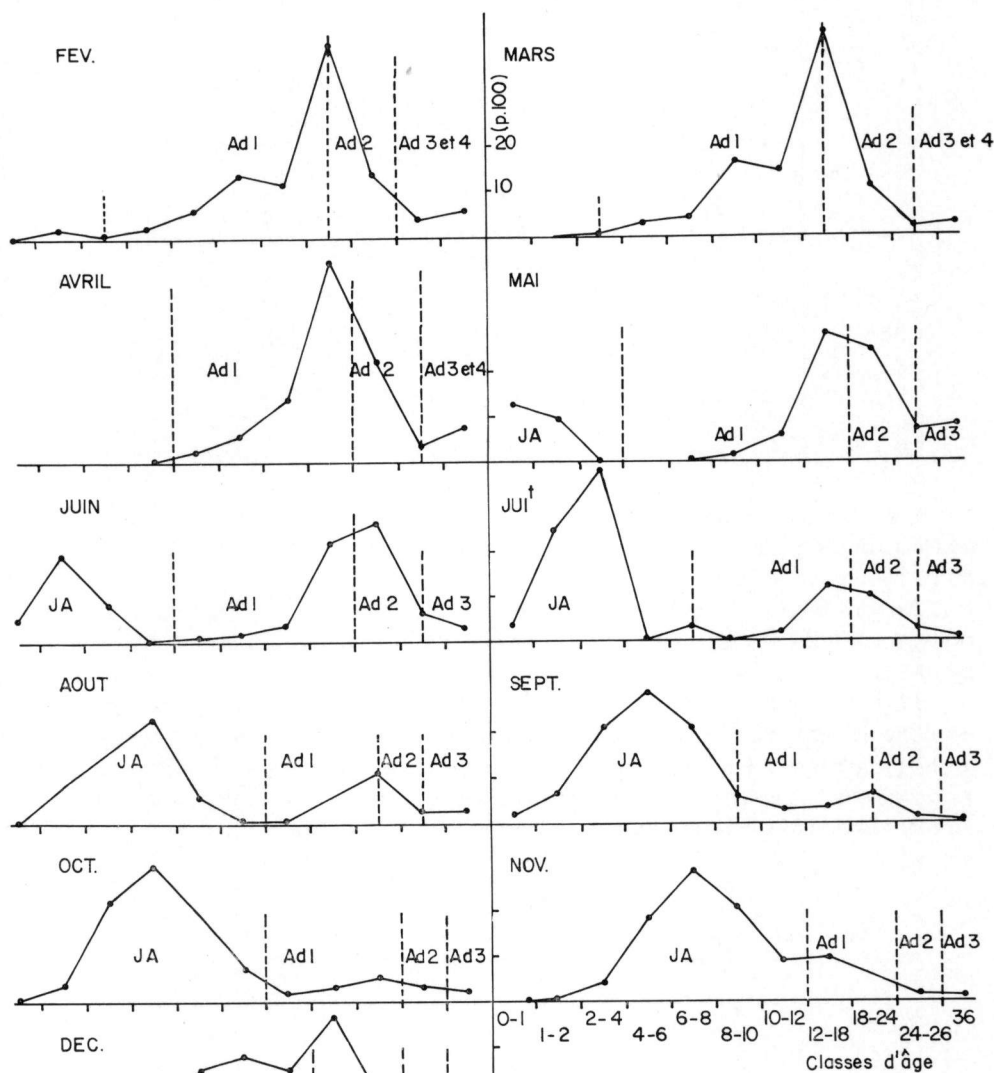


FIG. 5. — *Structure des populations du Rat musqué. Somme-Pas-de-Calais (1969-70-71)*

JA = jeunes de l'année ;
 AD₁ = adultes nés l'année précédente ;
 AD₂ = adultes nés la 2^e année précédente ;
 AD₃ = adultes nés la 3^e année précédente ;
 AD₄ = adultes nés la 4^e année précédente.

grands groupes : les jeunes de l'année et les adultes. Les intervalles entre les différentes générations d'adultes n'apparaissent pas ; seule l'utilisation de la « courbe cristallins » permet un découpage.

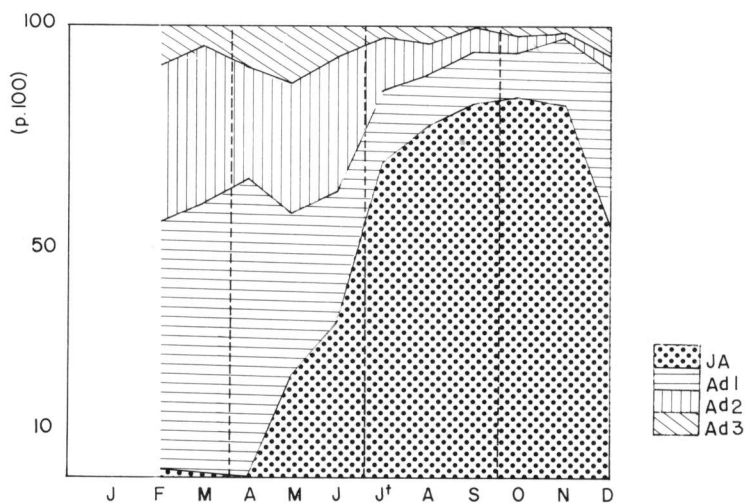


FIG. 6. — Structure des populations du Rat musqué au cours de l'année

L'importance numérique que prennent les jeunes de l'année, au fil des mois, est le trait marquant de la structure de ces populations. Ils représentent plus de 80 p. 100 des individus en automne.

Au printemps suivant, on ne rencontre plus que des adultes parmi lesquels prédominent les adultes 1 et 2. Par la suite, l'importance numérique relative des adultes 2 et 3 diminue régulièrement jusqu'en hiver.

Ils ne sont plus alors représentés que par quelques individus. La reproduction est donc principalement assumée par les adultes 1 et 2 (respectivement 55 et 35 p. 100 de la population). Un Rat musqué peut cependant vivre dans la nature plus de 2 ou 3 ans (comme l'indique le poids très élevé de certains cristallins), mais le nombre de tels animaux est certainement très faible dans cette région.

TAB. I 2

*Structure de la population de Rats musqués selon les saisons.
Pourcentage des différentes catégories d'animaux.*

Catégories	Saisons			
	Hiver	Printemps	Été	Automne
JA	ε	30	80	83
AD ₁	55	30	12	14
AD ₂	35	30	6	2
AD ₃	10	10	2	1

Nous résumons les informations acquises sur la structure des populations en donnant dans le tableau 12 les diverses proportions de jeunes et d'adultes en fonction des saisons.

D'une façon générale, les données de la littérature sont en accord avec nos résultats ; mais les auteurs ne distinguent que les jeunes (subadultes) et les adultes. A titre de comparaison, le tableau 13 présente quelques résultats d'auteurs.

TABLEAU 13

*Pourcentage d'adultes et de subadultes
dans des populations de Rats musqués d'après divers auteurs*

Auteurs	Localités	Période	Pourcentage		Nombre d'animaux examinés
			Subad.	Adultes	
BAUMGARTNER et BELLEROSE (1943)	Illinois	Nov. janv.	71,1	28,9	1 147
—	Michigan	—	64,7	35,3	7 511
Mc CANN (1944)	Minnesota	Automne	72,6	27,4	564
SOOTER (1946)	Californie	Déc. fév.	75	25	1 530
APPLEGATE et PREDMORE (1947) ..	Michigan	Oct. déc.	79,7	20,3	64
BEER et TRUAX (1950)	Wisconsin	Jan. mars	78	22	24 082
GASHWILLER (1950)	Maine	Nov.	76,1	28,4	951
ALEXANDER (1951)	New York	Jan. mars	72,5	27,5	541
ARATA (1959)	Illinois	Jan. mars	57	43	109
MOENS (1963)	Belgique	Automne	80	20	837

3. — Proportion des sexes et des âges

Dans son étude sur l'Écureuil de Finlande, L'AMPIO (1965) passe en revue les résultats américains sur ce sujet chez le Rat musqué. Nous utilisons ses données pour dresser le tableau ci-dessous :

	Sex ratio	p. 100 de mâles
jeunes au nid.....	53,52	(55,14-51,90)
jeunes	56,33	(58,35-54,31)
subadultes	57,58	(58,05-57,12)
adultes	52,84	(53,42-52,25)

Ces différentes classes d'âge présentent une proportion de mâles supérieure à ce que l'on peut attendre d'une répartition classique (50 p. 100). De plus les jeunes et les subadultes ont les valeurs de sex ratio les plus élevées. L'application du test *t* aux différences existant entre les groupes, montre que les jeunes et les subadultes ont un sex ratio très significativement différent de celui des adultes et de celui des jeunes au nid (fig. 7).

Le déséquilibre entre la proportion de mâles et celles des femelles s'accroît entre la naissance et la 1^{re} année de vie. Il diminue ensuite lorsque la maturité sexuelle est atteinte.

Pour calculer le sex ratio des Ondatras dans la partie ouest du nord de la France (Somme et Pas-de-Calais), nous avons utilisé un échantillon de 3 602 animaux. Il regroupe plusieurs années de relevés et différentes saisons. Les résultats sont les suivants (en pourcentages de mâles) :

Population globale :	55,86	p.100 de mâles (57,80-53,93)	} $t = 2,02$
Adultes :	52,01	— — (55,30-48,71)	
Jeunes de l'année :	58,10	— — (60,70-55,49)	

On trouve également une valeur de sex ratio en faveur des mâles, et une différence significative entre jeunes de l'année et adultes. Les jeunes ont une proportion de mâles qui correspond environ à 141 mâles pour 100 femelles. D'après ERRINGTON (1963) la plus faible proportion de mâles chez les adultes, comparée à celle existant chez les jeunes, reflète sans doute la plus grande vulnérabilité du surplus de mâles errants pendant les mois de reproduction.

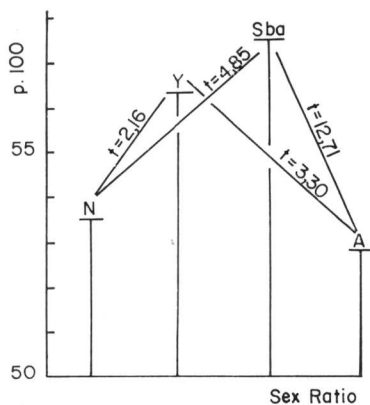


FIG. 7. — Sex ratio chez le Rat musqué selon les classes d'âge

N = nouveaux nés ;
Y = jeunes ;
SBA = subadultes ;
A = adultes.

Une femelle ayant, en moyenne, une portée de 6 petits, on peut calculer, d'après les nombres cités dans la partie droite du tableau 5, que 100 femelles donnent naissance à 1 356 jeunes, soit 13,50 jeunes par femelle. Sur un échantillon de fin d'année (sept.-oct.-nov.) on rapporte le nombre de jeunes de l'année au nombre de femelles portant des traces de reproduction. Ce calcul donne 13 jeunes par femelle.

On peut être tenté de rapprocher ces deux nombres, mais ils ne représentent en fait qu'un bilan entre les mortalités des jeunes et des femelles. Ne connaissant ni l'une ni l'autre, on ne peut guère en tirer de renseignements sur la dynamique des populations. ERRINGTON (1943) utilisait pourtant ce rapport pour calculer une population d'après l'inventaire de printemps et de mi-été des territoires de reproduction. Le rapport était calculé dans la récolte hivernale précédente.

IV. — CROISSANCE PONDÉRALE EN NATURE

En regroupant l'ensemble des 3 années de relevés, nous avons constitué un seul échantillon sur lequel nous avons étudié la croissance pondérale des Rats. A cet effet, nous avons calculé pour chaque classe d'âge la moyenne (et son intervalle de

TABLEAU I4

Croissance pondérale du Rat musqué en fonction de l'âge

Age (mois)	Poids en g		Age (mois)	Poids en g	
0-1	254,0	306,8 201,1	10-12	901,5	920,3 882,6
1-2	472,1	499,6 444,5	12-18	976,4	989,3 963,6
2-4	665,7	683,0 648,4	18-24	1 059,0	1 076,8 1 041,3
4-6	760,8	774,2 747,4	24-36	1 091,9	1 120,9 1 062,8
6-8	817,9	830,7 805,1	> 36	1 120,5	1 151,0 1 089,9
8-10	873,2	890,0 856,4			

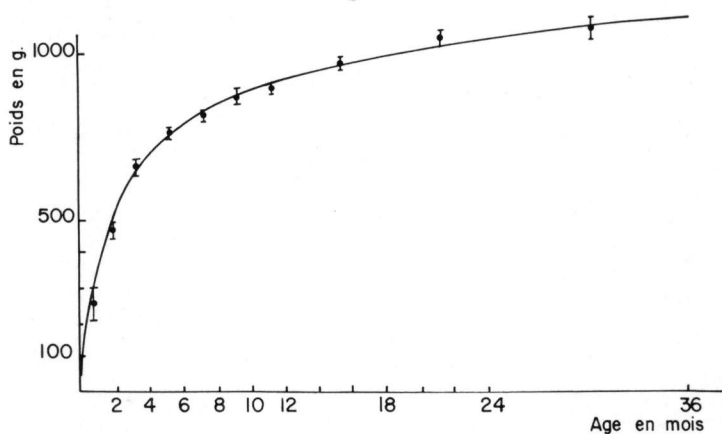


FIG. 8. — Évolution du poids du corps chez le Rat musqué en fonction de l'âge

confiance) du poids des animaux qui s'y trouvaient (tabl. 14). On peut ainsi tracer la courbe de la figure 8 représentant l'évolution de poids corporel en fonction de l'âge entre 1 mois et plus de 3 ans.

TABLEAU 15

Évolution du poids des Rats musqués en fonction de l'âge, selon la période de naissance

Age (mois)	Naissance		
	Animaux nés en début de saison	Animaux nés à la mi-saison	Animaux nés en fin de saison
0-1	280,8 < 317,1 244,5	161,6 < 198,7 124,5	460
1-2	407,3 < 429,9 384,7	427,3 < 483,1 371,4	623,8 < 829,9 417,8
2-4	627,0 < 647,7 606,3	677,0 < 703,5 652,2	720,6 < 770,7 670,5
4-6	745,5 < 762,6 728,4	753,6 < 776,6 730,5	960,0 < 1 108,1 811,8
6-8	802,8 < 820,6 785,1	831,4 < 911,44 751,4	780,4 < 864,9 695,9
8-10	897,1 < 938,8 855,3	899,3 < 942,9 855,7	973,3 < 1 023,2 923,3
10-12	886,0 < 922,8 849,2	983,0 < 1 076,4 889,5	865,0 < 1 034,0 695,9

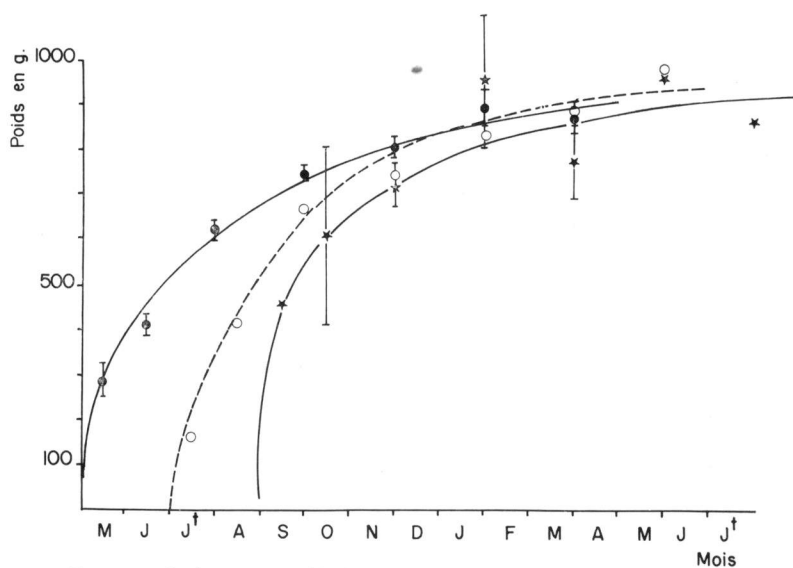


FIG. 9. — Croissance en poids du Rat musqué selon la période de naissance

- — — — animaux nés en début de saison ;
- — — — à la mi-saison ;
- * — — — en fin de saison.

La précision de la courbe est correcte jusque vers 10 mois, mais au-delà, la pente devient trop faible pour permettre une utilisation intéressante. Quoiqu'il en soit, cette courbe ne peut servir qu'à déterminer l'âge moyen d'un groupe d'individus dont on connaît le poids moyen. Il serait illusoire de s'en servir pour déterminer l'âge d'un individu isolé.

Selon la même technique, nous avons comparé la croissance d'animaux nés à différentes époques de l'année (tabl. 15 ; fig. 9). Nous avons considéré 3 groupes : début de saison de reproduction ; fin de saison de reproduction, et mi-saison. Il existe une différence significative de croissance entre les animaux nés en début et fin de saison de reproduction. Pour le même âge, ces derniers pèsent plus lourd ; entre 1 et 2 mois, la différence est supérieure à 200 g. Au début, leur croissance est plus rapide, dès le mois de février, ils ont rattrapé les Ondatras nés en début de saison.

V. — CONCLUSION

Le mode d'échantillonnage utilisé pour cette étude, s'il fournit un matériel abondant, ne permet pas de travailler sur des densités réelles et soulève donc des difficultés lors de l'interprétation des résultats. Pourtant, la technique de piégeage, fait que chaque échantillon est pratiquement un piégeage total ponctuel. Ainsi les inconvénients inhérents à la méconnaissance de la probabilité de capture des différents groupes d'individus sont en partie éliminés.

Les résultats concernant le cycle de reproduction de l'espèce sont en accord avec ceux des auteurs européens. La période de reproduction, qui est assez bien délimitée dans le temps, reste soumise aux conditions atmosphériques. Comme c'est le cas pour beaucoup de rongeurs, on observe un cycle physiologique saisonnier en rapport avec la photopériode.

Les femelles ont *en moyenne* 2 portées par an mais certaines peuvent élever jusqu'à 4 portées dans la saison de reproduction. En revanche, il n'existe pratiquement pas de deuxième génération, et la reproduction est assurée par les animaux de 1 an (grande majorité) et plus.

L'échelle d'âge utilisée pour la structuration des populations manque encore de précision dans la zone située au-delà de 1 an. La faiblesse du contingent d'animaux témoins dont nous disposons en est la raison principale. Cette zone est la plus délicate à explorer même lorsqu'il ne s'agit que d'établir une séquence année par année. Les autres critères d'âges employés habituellement se montrent également peu ou pas efficaces dans ce cas.

La pyramide des âges de ces populations fortement piégées montre la présence d'une proportion importante d'animaux jeunes : jeunes adultes en 1^{re} saison de reproduction au printemps, et jeunes de l'année en automne. L'élimination des adultes en 2^e et 3^e année est très rapide. L'impact de la lutte par piégeage semble donc, dans de telles conditions, se produire sur les adultes de 2^e et 3^e année ; mais il est certainement insuffisant pour endiguer l'apport continu de jeunes reproducteurs. L'effort maximum de la lutte devrait donc être fourni au printemps pour enrayer la production des futurs reproducteurs de l'année suivante. A cette époque où les

rats sont établis par couples et montrent une certaine territorialité, l'élimination des femelles reproductrices paraît plus aisée et certainement plus efficace qu'à un autre moment de l'année.

La croissance des jeunes est très rapide dans la nature. A l'entrée de l'hiver, les jeunes rats ont atteint leur taille d'adulte et il devient difficile de les distinguer extérieurement de leurs parents. Pour ceux des jeunes qui naissent en fin de saison de reproduction, la croissance est accélérée au début et, dès l'entrée de l'hiver, leur taille ne se distingue plus de ceux qui sont nés en début de saison. Cette sorte de régulation est peut-être à porter au compte de la richesse et de l'abondance de nourriture que ces jeunes animaux trouvent à cette saison dans leur milieu.

Reçu pour publication en avril 1972.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos vifs remerciements au Conseil supérieur de la Pêche qui nous a fourni son appui financier pour une étude dont le présent travail ne constitue qu'un des aspects. Nous n'aurions garde d'oublier la Fédération de Pêche et Pisciculture du Pas-de-Calais et la Direction départementale de l'Agriculture de la Somme pour les facilités qu'elles nous ont apportées lors de notre travail sur le terrain. De même, nous remercions les piégeurs : MM. S., POULAIN M., POULAIN P., CRIMET et L. TERLUTTE pour l'aide précieuse qu'ils nous ont toujours aimablement fournie.

SUMMARY

SOME DATA ON REPRODUCTION AND POPULATION DYNAMICS OF MUSKRAT, *ONDARA ZIBETHICA* L. IN NORTHERN OF FRANCE

The reproduction and population dynamics of the muskrat (*Ondatra zibethica* L.) were studied in the Somme and Pas-de-Calais departments of northern France. Large samples of animals were captured in traps every 2 months. The three main environments trapped were marsh rivers, and polders.

Reproduction lasts 6 months (table 1) between March and August. Average litter size is 6 young (tables 2 and 3). Analysis of placental scars (tables 4 and 5) show that females may have up to 4 litters per year (fig. 1), the average being 2 litters per year (table 6). A low, variable percentage of young females reproduce the year they are born (2-8 p. 100, table 7). 11 p. 100 and 14 p. 100, respectively, of males and females do not reproduce (tables 8 and 9).

Using measurements of the size and weight of male genital organs (seminal vesicles and testicles), we described their developmental cycle during the year in the young (table 10, fig. 2) and in adults (table 11, fig. 3).

Age was determined by the weight of the crystalline lens of the eye. The standard curve (fig. 4) was made from young animals (less than 1 month) captured in the nest, kept in captivity, and sacrificed at different ages. Populations seem to be composed of a large proportion of young animals (adults born the previous year and young of the current year) (tables 12 and 13, fig. 5 and 6), adults born during the previous 2 or 3 years being very quickly eliminated.

The sex ratio computed for 3 602 animals favors the males. It is 52 p. 100 males among the adults, and 58 p. 100 among the young of the current year. The difference is significant.

A study of growth in nature shows that the young have reached their adult size when winter begins (table 15, fig. 8). There are no differences observed at that time between animals born at the beginning of the reproductive season and those born at the end (table 15, fig. 9).

Musk rats born at the end of the season grow faster than those born at the beginning of the year, thus making the growth rates similar.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALEXANDER M. H., 1951. The aging of muskrats on the Montezuma National Wildlife refuge. *Jour. Wildl. Mgt.*, **15**, 175-186.
- ALLEN P., BRAMBELL F. W. R., MILLS I. H., 1947. Studies on sterility and prenatal mortality in wild rabbits. I. The reliability of estimates of prenatal mortality based on counts of corpora lutea, implantation sites and embryos. *J. Exp. Biol.*, **23**, 312-31.
- APPLEGATE V. C., PREDMORE H. E., 1947. Age classes and patterns of primeness in a fall collection of muskrat pelts. *J. Wildl. Mgt.*, **11**, 324-330.
- ARATA A. A., 1959. Ecology of Muskrats in strip-mine pounds in southern Illinois. *J. Wildl. Mgt.*, **23-2**, 177-186.
- BAUMGARTNER L. L., BELLROSE F. C., 1943. determination of sex and age in muskrats. *J. Wildl. Mgt.*, **7**, 77-81.
- BECKER K., 1970. Populations studien an Bisamratten (*Ondatra zibethicus* L.) III. Fortpflanzungszyklus der Männchen. *Z. Angew. Zool.*, **57**, 211-227.
- BEER J. R., TRUAX W., 1950. Sex and age ratios in Wisconsin Muskrats. *J. Wildl. Mgt.*, **14**, 323-331.
- BROHN A., SHANKS C. E., 1948. Incisor width as an Age criterion in Muskrats. *J. Wildl. Mgt.*, **12**, 436-439.
- CANN L. J. MC., 1944. Notes on growth, sex and age ratios and suggested Management of Minnesota Muskrats. *J. Mamm.*, **25**, 59-63.
- DIXON J., 1922. Rodents and reclamation in the Imperial Valley. *J. Mammal.*, **3**, 136-46.
- DORNEY S. R., RUSH A. J., 1953. Muskrat growth and litter production. *Techn. Wildl. Bul.*, n° 8.
- ERRINGTON P., 1937. The breeding season of the Muskrat in North west Iowa. *J. Mammal.*, **18**, 333-37.
- ERRINGTON P., 1963. *Muskrat populations*. Iowa State University Press, 665 p.
- GASHWILER J. S., 1950. A study of the reproductive capacity of Maine Muskrats. *J. Mammal.*, **31**, 180-185.
- GOULD H. N., KREEGER F. B., 1948. The skull of the Louisiana muskrat (*Ondatra zibethica rivallicia* BANGS.). I. The skull in advanced age. *J. Mamm.*, **29**, 138-149.
- KELLOG C. E., 1946. Variation in pattern of primeness of muskrat skins. *J. Wildl. Mgt.*, **10**, 38-42.
- LAMPPIO T., 1965. Sex ratios and the factors contributing to them in the squirrel, *Sciurus vulgaris*, in Finland I. *Finnish game research*. Helsinki 1965.
- LAY D. W., 1945. Muskrat investigations in Texas. *J. Wildl. Mgt.*, **9**, 56-76.
- MC LEOD J. A., BONDAR G. F., 1952. Studies on the biology of the muskrat in Manitoba. Part I. Estrus cycle and breeding season. *Canad. Zool.*, **30**, 243-53.
- MARTINET L., 1963. Établissement de la spermatogenèse chez le campagnol des champs (*Microtus arvalis*) en fonction de la durée quotidienne d'éclairement. *Ann. Biol. antim. Bioch. Biophys.*, **3**, 343-352.
- MARTINET L., 1966. Détermination de l'âge chez le Campagnol des champs (*Microtus arvalis* PALLAS) par la pesée du cristallin. *Mammalia*, **30**, 425-430.
- MOENS R., 1961. Méthodologie des observations effectuées sur le terrain au cours des recherches sur le rat musqué. *XIII^e symposium de Phytopharmacie et de Phytiairie*, Gand.
- OLSEN P. F., 1959. Muskrat breeding biology at Delta Manitoba. *J. Wildl. Mgt.*, **23**, 40, 53.
- O'NEIL T., 1949. The muskrat in the Louisiana coastal marshes. *La. Dept. Wildlife and Fisheries*, XII + 152 p.
- SATHER J. H., 1958. Biology of the great plains muskrat in Nebraska. *Wildl. Monog.*, **2**, 1-35.
- SOOTER C. A., 1946. Muskrats of tule lake refuge, California. *J. Wildl. Mgt.*, **10**, 68-70.
- STEVENS W. E., 1953. The Northwestern muskrat of the Mackenzie delta, northwest territories, 1947-48. *Canad. Wildl. Serv. Wildl. Mgt.*, series 1, n° 8.
- SVIHLA A., SVIHLA R. D., 1931. The Louisiana Muskrat. *J. Mammal.*, **12**, 12-28.

INFORMATION

Nous informons nos lecteurs de la parution, depuis juillet 1971, d'un nouveau périodique bibliographique mensuel :

Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts

couvrant tous les sujets relatifs aux « ressources aquatiques vivantes et à leur environnement ».

Ce périodique est publié sous la direction de la F.A.O. (Food and Agriculture Organization) avec la collaboration des organismes suivants :

- Institut für Dokumentationswesen, Francfort,
- Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hambourg,
- Information Retrieval Limited, Londres,
- Institut national de la Recherche agronomique, Département d'Hydrobiologie, Biarritz.

En 1972 il est prévu que plus de 3 000 périodiques seront dépouillés et que seront publiées quelque 14 000 références, comportant chacune un résumé en anglais, avec un décalage de 12 à 20 semaines par rapport à la publication originale des articles.

Pour de plus amples renseignements, s'adresser directement à :

Information Retrieval Limited,
1 Falconberg Court,
London W IV 5FG — Angleterre.

CHRONIQUE DES LIVRES

BIRD (A. F.). — THE STRUCTURE OF NEMATODES. — New York, London, Academic Press, 1971, 318 p.

Cet ouvrage est une somme raisonnée des connaissances actuelles sur l'anatomie fine des nématodes qu'il s'agisse de formes phytophages, libres ou zooparasites.

L'auteur s'est efforcé de réunir tous les apports résultant de l'utilisation de la microscopie électronique et de les rattacher à la masse des travaux antérieurs, réalisés à l'aide de la microscopie classique ou d'autres méthodes.

Les diverses techniques de fixation et de coloration applicables aux nématodes selon le moyen d'observation envisagé, sont décrites avec précision et chaque structure ou chaque organe sont successivement abordés : ex. squelette, hypoderme, musculature, système nerveux, pseudo-cœlome, appareil excréteur, appareil digestif, appareil reproducteur, œuf. La mue fait aussi l'objet d'un chapitre spécial. Les bibliographies placées à la fin de chacun de ces chapitres sont très complètes. L'illustration de l'ensemble est très abondante et des index très détaillés facilitent son utilisation. C'est un excellent ouvrage de travail qui doit intéresser tous les zoologistes et parasitologistes.

ZUCKERMAN (B. M.), MAI (W. F.), ROHDE (R. A.). — PLANT PARASITIC NEMATODES. — New York and London, Academic Press, 1971, 2 vol., 345-347 p.

Cet ouvrage était attendu avec impatience par les nématologistes, en raison de la réputation et de la qualité de ses promoteurs. Ce n'est pas un « traité » utilisable par des non-spécialistes mais une mise au point, en 26 chapitres rédigés par 30 chercheurs choisis parmi les plus qualifiés du monde (et en grande majorité américains), des acquisitions de la Nématologie au cours des dix dernières années.

Les sujets sont envisagés à un niveau élevé et théorique ; il ne faut pas espérer trouver là la description particulière d'une maladie vermiculaire ou d'une famille de nématodes (à l'exception de celle des *Heteroderidae* dont l'étude taxonomique a alors valeur d'exemple).

La partie de l'ouvrage consacrée à la morphologie et à la systématique ne représente que le cinquième de l'ensemble, mais la classification des Tylenchides qui est donnée par Morgan GOLDEN, semble parfaitement au point et enfin définitive.

Tout le reste est axé sur les grands sujets biologiques. Le volume I donne des informations sur l'historique et le présent des recherches nématologiques, sur l'anatomie et la systématique, et sur l'écologie des nématodes phytophages qui toutefois ne sont pas totalement dissociés des autres nématodes, libres ou parasites d'animaux.

Le second volume est consacré à la génétique, à la cytologie, aux interactions hôte-parasite, à la gnotobiologie, à la biochimie, à la physiologie, etc. Là aussi des comparaisons sont faites avec ce que l'on sait des autres groupes de nématodes.

En résumé, cet ouvrage, qui donne de plus une bibliographie très exhaustive pour chacun des chapitres, apporte une aide considérable à tous les nématologistes ; il permet aussi aux biologistes avancés, étudiant d'autres groupes animaux, d'établir des comparaisons et de trouver une source d'informations générales du plus haut intérêt.

LES NEMATODES DES CULTURES. — ASSOCIATION DE COORDINATION TECHNIQUE AGRICOLE, FÉDÉRATION NATIONALE DES GROUPEMENTS DE PROTECTION DES CULTURES. — 1971, 826 pp.

Cet ouvrage réunit les exposés donnés au cours des 3 journées d'étude et d'information, les 3, 4 et 5 novembre 1971, consacrées aux problèmes pratiques posés par les nématodes en France ; il est donc présenté dans son ensemble sous une forme anonyme.

La plupart des articles sont élaborés par des groupes de travail animés par un rapporteur. Plus de 70 personnes appartenant à l'I. N. R. A., au Service de la Protection des Végétaux, à des Instituts techniques ou à des organismes professionnels agricoles et à l'Industrie des pesticides ou du matériel de traitements ont ainsi apporté leur contribution.

Ceci donne à l'ensemble un aspect très pratique, ce n'est pas un manuel à l'usage des nématologistes avertis mais un ouvrage essentiellement destiné aux techniciens et aux vulgarisateurs, qui peuvent prendre ainsi connaissance de tout ce que l'on sait actuellement sur les dommages imputables en France aux nématodes et sur les mesures que l'on peut éventuellement prendre pour les éviter ou les diminuer.

Il comporte d'abord quelques chapitres de généralités sur les nématodes eux-mêmes et leur rôle vis-à-vis de l'Agriculture, de l'équilibre biologique des sols et de la dissémination ou du développement d'autres maladies des plantes, puis une série de mises au point par grands types de culture. Un chapitre, auquel ont collaboré plusieurs chercheurs de l'O. R. S. T. O. M. et de l'I. F. A. C., est consacré aux maladies vermiculaires des plantes tropicales. Les méthodes de lutte sont largement développées notamment en ce qui concerne les variétés résistantes ainsi que les produits nématicides et leurs techniques d'application, les méthodes préventives et l'aide apportée par l'analyse nématologique.

L'ouvrage a eu le mérite d'être distribué dès l'ouverture des Journées pour lesquelles il a été fait, sa présentation est claire, il est abondamment illustré et il représente la première et la seule mise au point d'ensemble concernant la Nématologie, publiée en langue française.

CONTENTS

J. BONFILS. — Descriptive catalogue of the insects of the french west Indies. 5 - <i>Dermaptera</i>	271
NGUYEN THANH-XUAN. — Determinism of the seasonal forms of pear <i>Psylla</i> , <i>Psylla pyri</i> L	281
H. CANGARDEL et J. STOCKEL. — Studies by insectary rearing and by sex trapping of the life history of <i>Sitotroga cerealella</i> and of the role played by the maize and wheat crops in Aquitaine in the maintenance of the species.....	311
A. BENOIS. — Brood evolution and life cycle of <i>Camponotus vagus</i> Scop. (= <i>Pubescens</i> FAB.) in the Antibes region.....	325
A. BURGERJON. — Study of the factors responsible of the nycthemeral rhythm of the food intake in <i>Thaumetopoea pityocampa</i> SCHIFF. caterpillar and of the incidence on the cytoplasmic virus disease.....	353
W. della GIUSTINA. — Integrated control in the vegetable glasshouse.....	367
A. M. WAKID, E. A. ELBADRY and M. A. ELAAL. — Effects of gamma radiation on the fertility of the spider mite <i>Tetranychus arabis</i> ATTIAH	375
A. M. WAKID, E. A. ELBADRY, and M. A. ELAAL. — Effects of gamma radiation on the spider mite <i>Tetranychus arabis</i> ATTIAH. II. — Irradiation of larvae.....	379
G. CAUBEL, D. MUGNIERY, R. RIVOAL. — Distribution of the stem nematode, <i>Ditylenchus dipsaci</i> (KÜHN) FILIPJEV, in soil within the centre of attack in red clover.....	385
J.-P. VINCENT, J.-P. QUÉRÉ. — Some data on reproduction and population dynamics of muskrat, <i>Ondatra zibethica</i> L. in Northern France.....	395
Information.....	417
Book reviews.....	419

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 29,7, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles *séparées* seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire* : il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs*, précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; — *le nom de l'établissement*, dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :

a) *résumé* : (250 mots max.) suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé*, en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats*, à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusions* ; f) *titre et résumé anglais* ou destinés à être traduits en anglais comportant une analyse complète de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborateurs, les fonds, les dons... ; h) *références bibliographiques*.

Les *travaux originaux en anglais* doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français *très complet*. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les *références bibliographiques* doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé, selon la *World List of Scientific Periodicals*, ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d'« Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les *tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part*. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les *graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils* seront envoyés soit à l'état définitif soit à l'état de projets, leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : soit × 0,5, soit × 0,25.

Il est rappelé que le format utile des *Annales* est : 19 × 12,5 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12, 4 photos 9 × 5,5, 6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Il est demandé d'indiquer sur le manuscrit, dans la marge, en regard du texte, l'emplacement souhaité pour les tableaux et figures.

Envoi du manuscrit : M. BIBLIOTTI, Centre national de Recherches agronomique 78 - Versailles, France. On demande deux exemplaires.

Correction des épreuves : les épreuves que les auteurs recevront à corriger sont à retourner, après correction, à cette même adresse.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1972	France	Étranger	Le N°
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 n° par an	125 F	135 F	25 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 n° par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 n° par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOLOGIE - ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 n° par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 n° par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 n° par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE, 4 n° par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 n° par an	75 F	80 F	25 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 n° par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES, 4 n° par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES D'HYDROBIOLOGIE, 2 n° par an	50 F	55 F	35 F
ANNALES D'ÉCONOMIE ET DE SOCIOLOGIE RURALES, 2 n° par an	40 F	44 F	20 F

APIDOLOGIE, 4 n° par an — Abonnement : France : 30 F
Étranger sauf R. F. A. : 35 F
— Le numéro : France : 9 F
Étranger sauf R. F. A. : 10 F

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Lombriciens de France, Écologie et Systématique par M.-B. Bouché. 671 p., 1972.....	150,00 F
III^e Conférence du Groupe consultatif des Statisticiens forestiers. Jouy-en-Josas, 7-11 septembre 1970. 332 p., 1972.....	139,75 F
Symposium international sur le Soufre en Agriculture. Versailles, 3-4 décembre 1970. 412 p., 1972.....	50,00 F
Organismes du Sol et production primaire — IV^e Colloquium pedobio- logiae, Dijon 14-19 septembre 1970. 588 p., 1972.....	65,00 F
La lutte biologique en forêt, Pont-à-Mousson, 12-14 novembre 1969. 212 p., 1971.....	45,00 F
VIII^e Symposium européen sur les maladies à virus des arbres fruitiers. Bordeaux, 24-30 juin 1970. 560 p., 1971.....	65,00 F
Essai de programmation de la Recherche (Département agronomie) par D. Macquart, R. Gras, J. Mamy, L. Turc, J.-P. Deffontaines. 70 p., 1971.....	30,00 F
Quatrième Congrès mondial I. A. A. L. D., Paris 20-25 avril 1970. 342 p., 1971.....	53,75 F
Les maladies des plantes - Modes de développement et méthodes de lutte. Traduit de l'anglais par J. Louvet. 236 p., 1971.....	43,00 F
Les maladies des plantes maraîchères par C.-M. Messiaen et R. Lafon. 2^e édition mise à jour. 441 p., 1971.....	64,50 F
Techniques d'études des facteurs physiques de la Biosphère. 544 p., 1970.....	86,00 F
Comptes rendus de la 4^e Conférence trisannuelle de l'Association euro- péenne pour la Recherche sur la pomme de terre, Brest, 8-13 septem- bre 1969. 298 p., 1970.....	48,37 F
Colloque franco-soviétique sur l'utilisation des entomophages, Antibes, mai 1968. 134 p., 1970.....	35,00 F
Symposium sur la physiologie de la coquille de l'œuf. 280 p., 1970.....	70,00 F

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.
Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot.

TABLE DES MATIÈRES

J. BONFILS. — Catalogue raisonné des insectes des Antilles françaises. 5. — <i>Dermaptera</i>	271
NGUYEN THANH-XUAN. — Études de la diapause imaginale de <i>Psylla pyri</i> L. (<i>Homoptera-Psyllidae</i>). I. — Déterminisme du polymorphisme saisonnier des adultes.....	281
H. CANGARDEL et J. STOCKEL. — Recherches par élevage en insectarium et par piégeage sexuel, sur le cycle annuel de l'alucite des céréales <i>Sitotroga cerealella</i> OLIV. Lep. <i>Gelechiidae</i> et sur le rôle des cultures de blé et de maïs dans le maintien de l'espèce en Aquitaine (France).....	311
A. BENOIS. — Évolution du couvain et cycle annuel de <i>Camponotus vagus</i> SCOP. (= <i>Pubescens</i> FABR.) (<i>Hymenoptera, Formicidae</i>) dans la région d'Antibes.....	325
A. BURGERJON. — Étude des facteurs responsables du rythme nyctéméral de la prise alimentaire des chenilles de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> SCHIFF et des conséquences sur la virose cytoplasmique.....	353
W. della GIUSTINA. — Intégration de méthodes de lutte contre les ravageurs des plantes légumières cultivées en serre. Premiers résultats.....	367
A. M. WADIK, E. A. ELBADRY et M. A. ELAAL. — Effects of gamma radiation on the fertility of the spider mite <i>Tetranychus arabis</i> ATTIAH. (Effets des radiations gamma sur la fertilité du tétranyque <i>Tetranychus arabis</i> ATTIAH).....	375
A. M. WADIK, E. A. ELBADRY et M. A. ELAAL. — Effects of gamma radiation on the spider mite <i>Tetranychus arabis</i> ATTIAH. II. — Irradiation of larvae. (Effets des radiations gamma sur le tétranyque <i>Tetranychus arabis</i> ATTIAH. II. — Irradiation des larves).....	379
G. GAUBEL, D. MUGNIERY et R. RIVOAL. — Distribution de l'anguillule des bulbes et des tiges, <i>Ditylenchus dipsaci</i> (KÜHN) FILIPJEV, dans le sol, à l'intérieur d'un foyer d'attaque sur trèfle.....	385
J.-P. VINCENT, J.-P. QUÉRÉ. — Quelques données sur la reproduction et sur la dynamique des populations du rat musqué <i>Ondatra zibethica</i> L. dans le nord de la France.....	395
Information.....	417
Chronique des Livres.....	419
Contents, see page.....	421

Les Annales de Zoologie-Écologie animale figurent dans Current Contents